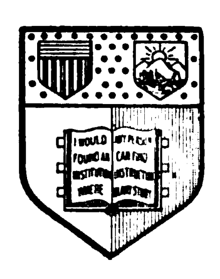




Verhandlungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins

IN KARLSRUHE

23. Band. 1909—1910.

Mit 21 Tafeln und 15 Textfiguren.

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1911.

Inhaltsverzeichnis.

Abhandlungen.

(Festschrift zur silbernen Hochzeit Ihrer Königl. Hoheiten des Großherzogs und der Großherzogin.)

Jahresbericht.

Im Vereinsjahr 1909/10 sind an 18 Abenden 22 Vorträge gehalten worden; von diesen behandelten fünf Chemie, drei Meteorologie, je zwei Botanik, Geologie, Physik und Zoologie, je einer ein anthropologisches, astronomisches, geographisches, geophysikalisches, hygienisches, und allgemein naturwissenschaftliches Thema.

Als Versammlungslokal diente wie bisher das sogenannte Speisezimmer im Hause der Museumsgesellschaft; zu drei Vorträgen wurden Hörsäle der Technischen Hochschule benutzt.

Die Vereinsmitglieder waren außerdem zweimal von der Deutschen Kolonialgesellschaft, Abteilung Karlsruhe, ferner je einmal von der Photographischen Gesellschaft und der Vereinigung technischer Vereine zu Vorträgen eingeladen.

Erdbebenkommission. Auf der Station Durlach war der photographisch registrierende Horizontalpendelapparat, abgesehen von wenigen kurzen Unterbrechungen, ungeändert im Betrieb. Die Schwingungsdauer wurde sechsmal bestimmt. Von Besonderheiten ist zu erwähnen, daß die im Jahre 1908 vom 1. Dezember bis zum Erdbeben in Messina (28. Dezember) aufgetretene Erscheinung von kleinen Stößen am Pendel 4 (Ost-Westpendel), über die mehrfach schon berichtet wurde, auch im Jahre 1909 nahezu um die gleiche Zeit vom 24. November an sich zeigte und bis zum isländischen Beben am 22. Januar 1910 anhielt. Während dieses letzteren Erdbebens verlegten sich das Pendel 4 in Durlach und das Pendel 1 in Freiburg.

Der Mainkasche Seismograph, der im Januar 1909 von der Durlacher Station nach dem Keller des Aulabaues der Technischen Hochschule gebracht worden war, ist seit dem März im Betrieb.

Es ergaben sich zwar in den ersten Monaten Betriebsstörungen mannigfacher Art, doch sind von einigen Beben gute Registrierungen erhalten worden. Die Unruhe des Hauses ist aber so groß, daß die jetzige Aufstellung auf die Dauer nicht beibehalten werden kann. Die beabsichtigte Vergrößerung der Durlacher Station wird voraussichtlich in Bälde verwirklicht werden. Das Gelände, auf dem die Station steht, ist vom Großh. Ministerium des Innern angekauft worden und soll mit einem zur Aufnahme der Rebenveredlungsanstalt der landwirtschaftlichen Versuchsstation bestimmten Gebäude überbaut werden. In den Kellerräumen werden größere Räumlichkeiten für die Zwecke der Erdbebenstation zur Verfügung stehen; die Aufstellung der Instrumente, die sich tief im Berg befinden (19. Band der Verhandlungen S. 20 u. ff.) erleidet keinerlei Änderung dadurch.

Die Station in Freiburg hat ebenfalls nur geringe Betriebsstörungen im Jahr 1909 gehabt. Die Schwingungsdauer wurde dort siebenmal bestimmt. Am 25. Juni wurde auch am Freiburger Horizontalpendelapparat an beiden Pendeln die gleiche Dämpfung wie in Durlach angebracht (20. Band der Verhandlungen S. VI).

Von den Registrierungen der Stationen Durlach und Freiburg sind die Beben und die stündlichen Ordinaten für die Zeit von Anfang 1906 bis 1. Juli 1908 abgelesen worden. Es ist beabsichtigt, nach Vollendung der Ablesungen das Material von 1908 auf die Deformation der Erdkruste unter dem Einfluß des Mondes hin zu bearbeiten.

Rechnungsführung.

A. Bestand der Kasse im Vereinsjahr 1909/10.

Einnahmen.

Kassenrest im Vorjahr		M. 4525.40	
Mitgliederbeiträge		» 1560.15	
Beitrag des Ministeriums der Justiz, des Kultus und des Unterrichts . .		» 300.00	
Zinsen von Wertpapieren	M. 942.00		
Zinsen im Kontokorrent	» 65.29	» 1007.29	
			M. 7392.84

Ausgaben.

Bureaukosten, Druckkosten, Lokalmiete, Porto usw.	M. 822.28	
Druck des 21. und 22. Bandes der Verhandlungen M. 1649,97 + 1811.14 =	» 3461.11	
Erdbebenkommission	» 212.62	
		M. 4496.01
Kassenrest im Juni 1910		M. 2896.83
Bestand der Handkasse	M. 21.27	
Guthaben bei der Bad. Bank . .	» 2875.56	
	M. 2896.83	

B. Vermögensstand.

Wertpapiere	M. 26200.00	
Kassenbestand	» 2896.83	
		M. 29096.83
Vermögensstand im Juni 1909		» 30725.40
somit Abnahme . .		M. 1628.57

Drucksachen-Tauschverkehr

Im Vereinsjahr 1909/10 sind neue Tauschverbindungen angeknüpft worden mit

dem Verein für Naturkunde in Fulda,

dem Siebenbürgischen Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt.

Eingegangen sind die nachstehend verzeichneten Druckwerke

A. Von Akademien, wissenschaftlichen Instituten und Vereinen.

Annaberg-Buchholz. Verein für Naturkunde. 12. Bericht. 39.—44. Geschäftsjahr. 1904—1909.

Ann Arbor (Michigan). Academy of Science. Eleventh Report. Darwin Centenary. Publication 1909.

Basel. Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen. Band 20, Heft 2.

Bautzen. Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Bericht über die Tätigkeit in den Jahren 1906—1909. Abhandlungen.

Bergen. Museum. Aarsberetning for 1909. — Aarbog 1909. 1.—3. Heft. — An account of crustacea of Norway. Vol. V, Parts XXV--XXVIII. -- Appelöf. Untersuchungen über den Hummer mit besonderer Berücksichtigung seines Auftretens an den norwegischen Küsten. Bergens Museums-Schriften Band I, No. 1.

Berlin. Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift. 61. Band, 2.—4. Heft. — Monatsberichte 1909, No. 3—12.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen aus dem Jahr 1908. No. 1665—1700.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens. Sitzungsberichte 1908, 2. Hälfte; 1909, 1. Hälfte. — Verhandlungen. 65. Jahrgang 1908, 2. Hälfte; 66. Jahrgang 1909, 1. Hälfte.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings. Vol. 44, No. 17—26; Vol. 45, No. 1—7.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen. 20. Band, 1. Heft.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. 86. Jahresbericht 1908.

Brünn. Naturforschender Verein. Verhandlungen. 47. Band 1908.
— Lehrerklub für Naturkunde. 9. Bericht für die Jahre 1907 und 1908.

Bruxelles. Société Entomologique de Belgique. Annales Tome 53. — Mémoires Vol. VII.
— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts. Bulletin de la classe des sciences 1909, No. 4—11; 1910, No. 1—4.
— Société de Botanique de Belgique. Bulletin Tome 45, Année 1908. Tome 46, Année 1909. — Massart. Essai de géographie botanique des districts litteraux et alluviaux de la Belgique.
— Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique. Annales. Tome 43, Année 1908.

Budapest. R. Ung. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. 24. Band 1906; 25. Band 1907. — Aquila. Zeitschrift für Ornithologie. 15. Jahrgang 1908; 16. Jahrgang 1909. — Recensio critica automatica of the doctrine of birdmigration by Otto Herman. — A Peterváradi hegysóg kretaidöszaki (hyperszenon) faunája.

Cassel. Verein für Naturkunde. Abhandlungen und Bericht 52, über das 72. und 73. Vereinsjahr 1907—1909.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society. Journal. Vol. 25, No. 3—4.

Chicago. Field Columbian Museum. Zoological series. Vol. IX: Cory, The birds of Illinois and Wisconsin. Vol. X; No. 1: Osgood. A peculiar bear from Alaska. Vol. VII, No. 7: Meek. New species of fishes from tropical Africa. Vol. VII, No. 8: Dall. Description of two new pulmonate mollusks with a list of other species from the Solomon Islands.

Botanical series. Vol. II, No. 7: Millspauch. Praenunculae bahamenses. II: Contributions to a flora of the Bahama archipelago.

Report series. Vol. III, No. 4: Annual Report of the Director for the year 1909.

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht, neue Folge, 51. Band. Vereinsjahr 1908—1909.

Cincinnatti. Lloyd Library. Bulletin No. 11, Reproduction series. No. 7: Life and medical discoveries of Samuel Thomson and a history of the Thomsonian materia medica as shown in »The new guide of health« (1835) and the literature of that day.

Columbus (Ohio) State University. Catalogue, May. 27. 1909. — 38th. Report for the year ending June 30, 1908.

Dahlem bei Berlin. Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg usw. Verhandlungen. 51. Jahrgang 1909.

Davenport (Jowa). Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 12, pag. 95—222.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht. Sitzungsperiode 1908—1909.

— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrgang 1909. Januar—Dezember.

Dresden. Genossenschaft Flora. Gesellschaft für Botanik und Gartenbau. Sitzungsberichte und Abhandlungen. 12. und 13. Jahrgang der neuen Folge 1907—1909.

Dürkheim. Pollichia, Naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Mitteilungen No. 24. 25. Jahrgang 1908.

Elberfeld. Naturwissenschaftlicher Verein. Jahresbericht. 12. Heft mit Beilage: Bericht über die Tätigkeit des chemischen Untersuchungsamtes der Stadt Elberfeld für das Jahr 1908.

Emden. Naturforschende Gesellschaft. 93. Jahresbericht 1907 bis 1908.

Erlangen. Physikalisch-Medizinische Sozietät. Sitzungsberichte. 40. Band 1908.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein. Jahresbericht für das Rechnungsjahr 1908—1909.

— Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft. 40. und 41. Bericht.

Frankfurt a. O. Naturwissenschaftlicher Verein. Helios. 24. und 25. Band.

Freiburg i. B. Naturforschende Gesellschaft. Berichte. 18. Band, 1. Heft.

Fulda. Verein für Naturkunde. 5. Bericht über die Vereinsjahre vom 13. März 1908 bis 13. März 1909.

Gießen. Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde Bericht der naturwissenschaftlichen Abteilung. Band 3 (1908 bis 1909). — Bericht der medizinischen Abteilung. Band 5. — Register zu den Bänden 1—34 (alte Folge, Jahrgang 1849—1904).

Graz. Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen. Band 45, Heft I: Abhandlungen; Heft II: Sitzungsberichte.

Greifswald. Geographische Gesellschaft. 11. Jahresbericht 1907—1908.

Halle. Verein für Erdkunde. Mitteilungen. 32. Jahrgang 1908 33. Jahrgang 1909.

— K. Leopoldinisch-Karolinisch Deutsche Akademie der Naturforscher. Leopoldina. Heft 45, No. 6—12; Heft 46, No. 1—5.

Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Verhandlungen 1908. 3. Folge XVI.

Heidelberg. Naturhistorisch-Medizinischer Verein. Verhandlungen. 10. Band, 1.—3. Heft.
— Astrophysikalisches Institut. Jahresbericht 1908.
— Astrometrisches Institut. Mitteilungen XV—XVIII.

Helsingfors. Societas pro Fauna et Flora Fennica. Acta. 24. und 32. Heft. — Meddelanden 35. Häftet.

Hermannstadt. Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften. Verhandlungen und Mitteilungen. 58. Band, Jahrgang 1908; 59. Band, Jahrgang 1909.

Innsbruck. Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein. Schiffner. Kritische Bemerkungen über die europäischen Lebermoose mit Bezug auf die Exemplare des Exsiccatenwerkes Hepaticae europacae exsiccatae. V. Serie.

Karlsruhe. Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie. Jahresbericht für 1908.
— Landesgartenbauverein. Der Gartenfreund. Jahrgang 1909.

Kiel. Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein. Schriften. Band 14, 2. Heft.

Königsberg. Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft. Schriften. 49. Jahrgang 1908.

Lausanne. Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Bulletin. Vol. 45, No. 166, 167; Vol. 46, No. 168.

Lawrence. University of Kansas. The University Geological Survey of Kansas. Vol. IX. Special report on oil and gas.

Leipa. Nordböhmischer Exkursionsklub. Mitteilungen. 32. Jahrgang, 2.—4. Heft; 33. Jahrgang, 1. Heft.

Leipzig. Naturforschende Gesellschaft. Sitzungsberichte. 35. Jahrgang 1908.
— Jablonowskysche Gesellschaft. Jahresbericht 1909.

Luxemburg. Gesellschaft luxemburgischer Naturfreunde (früher: Société de Botanique). Monatsberichte. Neue Folge. 1. Jahrgang 1907; 2. Jahrgang 1908.

Madison. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters. Transactions. Vol. XVI, Part. I, No. 4.

Mannheim. Verein für Naturkunde. 73. und 74. Jahresbericht. 1906—1908.

Marburg. Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften. Sitzungsberichte. Jahrgang 1908.

Merida. Oficina Central de la Seccion Meteorológica del Estado de Yucatan. Boletin Mensual. April—Juli 1907; Mai 1909 bis Februar 1910.

Mexico. Instituto Geológico. Parergones. Tomo II, No. 10; Tomo III, No. 2.

— Observatorio Meteorológico-Magnetico Central. Boletin Mensual November 1904—Oktober 1905; September 1908—April 1909.

Milwaukee. Wisconsin Natural History Society. Bulletin. Vol. 6, No. 1—4; Vol. 7, No. 1, 2.

Modena. Società dei Naturalisti e Matematici. Atti. Serie IV, Vol. 11, Anno 42, 1909.

Montevideo. Museo Nacional. Anales Vol. VII: Flora Uruguaya Tomo IV entr. 1 & 2.

München. K. Hydrotechnisches Bureau. Jahrbuch 1908 Heft II; 1909 Heft I. — Ergebnisse der Wassermessungen, ausgeführt im bayer. Rhein- und Elbegebiet in den Jahren 1899—1909; desgl. im bayer. Donaugebiet in den Jahren 1899--1909.

— K. Akademie der Wissenschaften. Sitzungsberichte der mathemat.-physik. Klasse. Jahrgang 1909, 4.—19. Abhandlung; Jahrgang 1910, 1.—4. Abhandlung.

— Ornithologische Gesellschaft. Verhandlungen Band 9, 1908.

— Bayer. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Mitteilungen 2. Band, No. 11—14. — Berichte Band 12.

Münster. Westfälischer Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst. 28.—35. (1899/07) und 37. Jahresbericht (1908/09).

Nancy. Société des Sciences. Bulletin des séances. Série III, Tome IX, Fasc. VI; Tome X, Fasc. I, II, III.

Neuchatel. Société des Sciences Naturelles. Bulletin Tome 36, Année 1908—1909.

New York. American Museum of Natural History. Bulletin Vol. 26, 1909; Vol. 27, 1910. — 40th Annual Report for 1908,

— Memoirs Vol. IX, Part. V: Studies on fossil fishes; Vol. IX, Part. VI: Matthew. The carnivora and insectivora of the Bridger basin, Middle Eocene.

Olmütz. Naturwissenschaftliche Sektion des Vereins Botanischer Garten. 2. Bericht. Vereinsjahre 1905—1909.

Ottawa. Department of the Interior, Mines Branch. Annual Report on the mineral production in Canada during the calendar year 1906. — Report on the mining and metallurgical industries of Canada 1907—08. — Report on the investigation of an eletric shaft furnace Domnarfvet, Sweden. — Reports on a portion of Algoma and Thunder Bay Districts Ontario by W. J. Wilson and on the region lying north of Lake Superior between Pic and Nipigon Rivers, Ontario by W. H. Collins. — Report on the Whitehorse Cooper Belt, Yukon Territory. — Cirkel. Report on the iron ore deposits along the Ottawa (Quebeck side) and Gatineau rivers. — Dowling. The coal fields of Manitoba, Saskatchewan, Alberta and Eastern British Columbia. — Collins. A geological reconnaissance of the region traversed by the National Transcontinental Railway between Lake Nipigon and Clay Lake, Ontario. — Annual Report of the Division of mineral resources and statistics of the mineral production of Canada during the calendar years 1907 and 1908. — Catalogue of Canadian birds.

— Geological Survey of Canada. Geological map of Canada No. 39—41, 49—55, 66—71, 73, 100, 101. — Young. A descriptiv sketch on the geology and economic minerals of Canada. — Lindemann. Iron ore deposits of Vancouver and Texada Islands, Brit. Col. Report and five maps. — Joint report on the bituminous, or oil shales of New Brunswick and Nova Scotia also, on the oil-shale industry of Scotland. Part. I: Economics; Part. II: Geology. — Preliminary report on the mineral production of Canada during the calendar year 1909. — Catalogue of publications of the Geological Survey.

Petersburg. Russische Physikalisch-Chemische Gesellschaft. Journal Tome 41, No. 5—10; Tome 42, No. 2 und 3.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 61, Part. I—III.

Pisa. Società Toscana dei Scienze Naturale. Atti, Memorie Vol. 24, 25. — Atti, Processi verbali Vol. 18, No. 3—6.

Portici. Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della Scuola Superiore d'Agricoltura. Bollettino Vol. III.

Prag. Deutscher Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein für Böhmen. Lotos, Naturwissenschaftliche Zeitschrift. Band 56, No. 1—10; Band 57.

— K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte 1909. — Jahresbericht für das Jahr 1909.

Reichenberg. Verein der Naturfreunde. Mitteilungen. 39. Jahrgang, zugleich Festschrift zur Feier des 60jährigen Vereinsbestandes.

Roma. R. Accademia dei Lincei. Atti. Vol. 18, 1° sem., No. 10—12; Vol. 18, 2° sem., No. 1—12; Vol. 19, 1° sem. No. 1—10. — Atti. Rendiconto dell' adunanza solenne del 6 Giugno 1908. Vol. II.

— R. Comitato Geologico d' Italia. Bollettino Anno 1909, No. 2.

— Società Italiano per il progresso delle scienze. Bollettino del Comitato Talassografico No. 1, 2, 3. — Atti. Terza riunione Padova 1909.

Sion. Société Murithienne. Bulletin Fasc. 25, Années 1906—1908.

Stockholm. K. Svenska Vetenskapsakademi. Arkiv för botanik Band 8, Häfte 1—4; Band 9, Häfte 1, 2. — Arkiv för zoologi Band 5, Häfte 1—4; Band 6, Häfte 1, 2.

— Entomologiska Föreningen. Entomologiska Tidskrift. Årgang 30, 1909, Häfte 1—4.

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde. Jahreshefte. 65. Jahrgang. Beilagen: Ergebnisse der pflanzengeographischen Durchforschung von Württemberg, Baden und Hohenzollern IV. — Mitteilungen der geologischen Abteilung des K. Württ. Statistischen Landesamts No. 6.

Sydney. Australian Museum. Records. Vol. VII, No. 4, 5. — Report of Trustees 1909.

— Royal Society of New South Wales. Journal and Proceedings, for 1908, Vol. 42; for 1909, Vol. 43.

Tacubaya. Observatorio Astronómico Nacional. Annuario para el año de 1910. Año 30.

Tokio. Zoological Society. Annotationes zoologicae japonenses. Vol. VII, Part. II, III.

Trondhjem. K. Norske Videnskabs Selskab. Skrifter 1908.

Ulm. Verein für Mathematik und Naturwissenschaften. Jahreshefte, 14. Heft.

Upsala. Universität. Bref och skrifvelser af och till C. von Linné. Första Afdelningen. Del. 3. — Results of the Swedish zoological expedition to Egypt and the White Nile 1901. Part. III. — Swedish explorations in Spitzbergen 1758—1908.

Washington. Smithsonian Institution. Report on the progress and condition of the U. S. National Museum for the year ending June 30, 1908; dergl. 1909. — Annual Report for the year ending June 30, 1908.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1908, 1909.

— U. S. Geological Survey. Becker. Relations between local magnetic disturbances and the genesis of petroleum. — Schlundt and Moore. Radioactivity of the thermal waters of Yellowstone National Parc.

Wien. K. K. Geologische Reichsanstalt. Verhandlungen 1909, No. 6—14; 1910, No. 6—8, 15—18; 1910, No. 1. — Jahrbuch, Jahrgang 1909, 59. Band, 1.—4. Heft.

— K. Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Anzeiger 1909, No. 14—27; 1901, No. 1 bis 5, 9—12.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen 22. Band, No. 4; 23. Band, No. 1—4.

Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde. Jahrbücher. Jahrgang 62.

Würzburg. Physikalisch-medizinische Gesellschaft. Sitzungsberichte 1908, No. 1—6.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Vierteljahrsschrift. 53. Jahrgang 1908, 4. Heft; 54. Jahrgang 1909, 1.—4. Heft.

B. Von Verfassern.

Auerbach, Dr. M. Die Cnidosporidien. Eine monographische Studie. Leipzig 1910.

Häberle, Dr. D. Pfälzische Bibliographie I: Die geologische Literatur der Rheinpfalz vor 1820 und nach 1880 bis zum Jahre 1907 einschließlich. Heidelberg 1908. — I. Über die Entstehung der Lumachellen. II. Zu den Erklärungsversuchen über die Entstehung der Mikrofauna von St. Cassian in Tirol. Heidelberg 1908.

Vorstand.

(1909/10)

Der Vorstand hat im Vereinsjahr 1909/10 aus den Herren:

1. Geheimerat Prof. Dr. Engler, als Vorsitzenden,
2. Geh. Hofrat Prof. Dr. Lehmann, als Stellvertreter des Vorsitzenden,
3. Geh. Hofrat Prof. Dr. Bunte, als Rechner,
4. Prof. Dr. Schultheiß, als Schriftführer, Redakteur und Bibliothekar,
5. Hofrat Dr Doll,
6. Finanzminister Exzellenz Dr. Ing. Honsell,
7. Geh. Hofrat P. Treutlein,

bestanden.

In der Mitglieder-Hauptversammlung vom 24. Juni 1910 wurde zum Vorsitzenden Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann, als weiteres Vorstandsmitglied wurde Herr Geh. Hofrat Dr. Haid gewählt.

In der Sitzung am 15. Juli 1910 wurde Herr Geheimerat Dr. Engler zum Ehrenvorsitzenden gewählt.

Bewegung unter den Mitgliedern.

Durch den Tod hat der Verein die Herren Geh. Oberbaurat Drach, Oberveterinär Gesch und Geh. Oberfinanzrat Sachs verloren.

Ausgetreten sind, meist infolge von Wegzug die Herren Dr. Andrée, Geh. Oberregierungsrat Buch, Oberamtmann Cadenbach, Prof. Dr. Faber, Oberlehrer Fritz und Geh. Oberbergrat Honsell.

Neu eingetreten sind die Herren: Exzellenz Freiherr von Babo, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts, Diplomingenieur Beger, Lehramtspraktikant Dr. Burck, Oberveterinär Krack, Prof. Nied, General von Ompteda und Diplomingenieur Strelin.

Mitglieder-Verzeichnis

(nach dem Stand am 24. Juni 1910).

A. Ehrenvorsitzender:

Geheimerat Dr. K. Engler (1910).

B. Ehrenmitglied.

Geheimerat Dr. E. Wagner (1908).

C. Korrespondierendes Mitglied.

R. Temple, Schriftsteller in Budapest.

D. Mitglieder*.

Alberti, Dr., Augenarzt (1902).
Ammon, Dr. Otto, Schriftsteller (1883).
Arnold, Prof. Dr. Em., Laboratoriumsvorstand an der chemisch-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt der Techn. Hochschule (1903).
Arnold, Eng., Geh. Hofrat, Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1895).
Asal, Ph., Prof. an der Oberrealschule (1909).
Askenasy, Prof. Dr. P., Privatdozent für technische Elektrochemie an der Techn. Hochschule (1909).
Auerbach, Prof. Dr., Kustos für Zoologie am Großh. Naturalienkabinett und Privatdozent an der Techn. Hochschule (1903).
Babo, Ferd., Freiherr von, Oberbaurat (1902).
Babo, Dr. Hugo, Freiherr von, Exzellenz, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts (1910).
Babo, Dr. Ludw., Freiherr von, prakt. Arzt (1906).
Bartning, Dr. Hans, Amtsrichter (1908).
Bartning, Dr. Herm., Gerichtsassessor in Oberkirch (1904).
Bartning, O., Rentner (1882).
Battlehner, Dr. Th., Bezirksassistenzarzt (1898).
Baumann, Dr., Badearzt in Baden-Baden (1906).
Beck, Dr., Prof. von, Direktor des Städt. Krankenhauses (1906).
Beger, Max, Diplomingenieur, Assistent am chemischen Institut der Techn. Hochschule.

---

* Die beigefügten Zahlen bedeuten das Jahr der Aufnahme.

Behm, O., Mechaniker (1889).
Benckiser, Dr. A., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Benckiser, Dr. W., Landgerichtsrat (1899).
Benoit, G., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1902).
Berberich, Dr. A., prakt. Arzt (1897).
Beutler, J., Regierungsbaumeister in Lauda (1907).
Bezold, Alb. von, Hauptmann (1908).
Bittmann, Dr. K., Oberregierungsrat, Vorstand der Fabrikinspektion (1906).
Bodman, H., Freiherr von, Exzellenz, Minister des Innern (1907).
Böhm, Dr. F., Geh. Oberregierungsrat (1899).
Bongartz, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Bran, Dr. Fr. (1907).
Brauer, E., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Maschinenlehre an der Techn. Hochschule (1893).
Brian, Dr. E., Medizinalrat (1896).
Brodmann, Dr. K., Oberbliothekar der Techn. Hochschule (1908).
Buchmüller, Dr., prakt. Arzt (1905).
Bunte, Dr. H., Geheimerat, Professor der chemischen Technologie an der Techn. Hochschule (1888).
Burck, Dr. Karl, Lehramtspraktikant (1909).
Bürgin, J., Obergeometer an der Techn. Hochschule (1894).
Buri, Theod., Professor an der Realschule in Meßkirch (1903).
Bußler, E., Oberst a. D. (1908).
Carl, Dr. Siegfr., Städt. Obertierarzt (1901).
Clauß, Dr. H. W., prakt. Arzt (1898).
Cramer, H., Professor am Realgymnasium (1903).
Deimling, Fr., Privatmann (1904).
Dieckhoff, Dr. E., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1880).
Dietzel, Dr. Adolf, in Pforzheim (1908).
Dinner, Dr. H., Professor am Realgymnasium (1904).
Doll, Dr. K., Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Döll, G., Medizinalrat (1875).
Dolletscheck, Ed., Ingenieur (1877).
Dörr J., Professor an der Realschule (1895).
Dünckel, W., Chemiker (1909).

Eberle, Dr. G., Medizinalrat, Bezirksarzt (1904).
Eisendecher, K. von, Exzellenz, K. preuß. Gesandter (1906).
Eisenlohr, Alfr., Finanzamtmann (1908).
Eitel, Dr. K. H., Apotheker und Stadtrat (1897).
Eitner, Prof. Dr. P., Leiter der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1901)
Elsas, M., Kaufmann (1906).
Emmerich, E., Lehramtspraktikant (1906).
Engler, Dr. K., Geheimerat, Professor der Chemie an der Techn. Hochschule und Direktor des chemischen Instituts (1876).
Ens, K., Forstrat (1908).
Eppenich, H., Zivilingenieur (1902).
Fels, Forstrat (1908).
Fikentscher, Tiermaler in Grötzingen (1904).
Fischbach, Dr. E., prakt. Arzt (1895).
Fischer, Otto, Hoflieferant (1901).
Föhlisch, Dr. E., Regierungsrat, Fabrikinspektor (1900).
Förderer, W., Zahnarzt (1905).
Frankenstein, Dr. W., Chemiker (1901).
Freydorf, Rud. von, Hauptmann (1908).
Fuchs, Dr. Rud., Baurat (1904).
Galette, Arn., Bankdirektor (1904).
Gau, E., Bankprokurist (1905).
Genter, Dr. Karl, prakt. Arzt (1902).
Gierke, Prof. Dr. Edg., Vorstand der Prosektur und des pathol.-bakteriologischen Instituts des städtischen Krankenhauses (1909).
Glockner, E., Exzellenz, Präsident der Oberrechnungskammer (1878).
Goedecker, E., Ingenieur (1899).
Goffin, L., Direktor (1879).
Gräbener, L., Hofgartendirektor (1880).
Gräfenhan, Dr. P., Professor am Kadettenkorps (1897).
Grashof, R., Professor am Gymnasium (1895).
Graßmann, R., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1904).
Gretsch, Eug., Oberforstrat (1903).
Grund, Jul., Fabrikant (1904).
Gutmann, Dr. K., prakt. Arzt (1894).

Gutsch, Dr. L., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1895).
Haber, Dr. F., Professor der physikalischen Chemie an der Techn. Hochschule (1896).
Hafner, Fr., Oberregierungsrat im Ministerium des Innern (1886).
Haid, Dr. M., Geh. Hofrat, Professor der Geodäsie an der Techn. Hochschule (1882).
Hammer, Dr. Bernh, Oberstabsarzt (1908).
Händel, Wilh., Rechtsanwalt (1905).
Hart, J., Geheimerat, Professor des Maschinenbaues an der Techn. Hochschule (1870).
Hauser, Dr. W., Obermedizinalrat (1898).
Hausrath, Dr. H., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1897).
Heintze, Dr. W., Geh. Legationsrat (1901).
Helbig, Dr. M., a. o. Professor für Bodenkunde an der Techn. Hochschule (1903).
Helbing, Dr. P., prakt. Arzt (1896).
Hellpach, Dr. W., Nervenarzt, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1906).
Hemberger, H., Oberbauinspektor (1904).
Henning, Dr.-Ing. Th., Kommerzienrat (1896).
Hennings, Dr. K., Privatdozent für Zoologie an der Techn. Hochschule (1905).
Herzog, Dr. O., a. o. Professor für physiologische Chemie an der Techn. Hochschule (1907).
Heß, Wirkl. Geh. Oberpostrat und Oberpostdirektor a. D. (1901).
Hildebrandt, M., Geh. Oberfinanzrat (1881).
Hoffacker, K., Direktor der Kunstgewerbeschule (1905).
Hoffmann, Dr. H., Medizinalrat, prakt. Arzt (1881).
Hoffmann, K., Major a. D. (1897).
Holderer, Dr. J., Oberamtmann in Kehl (1905).
Holzmann, A., Direktor der Realschule (1893).
Homburger, Dr. Th., prakt. Arzt (1899).
Honsell, Dr.-Ing. M., Exzellenz, Finanzminister (1884).
Höpfner, Friedr. jun., Kaufmann (1907).
Hutt, J., Zahnarzt (1904).
Jahraus, W., Buchhändler in Straßburg (1899).
Ihm, Dr. E., Frauenarzt (1907).
Joos, Oberingenieur, Großh. Maschineninspektor (1904).

Jourdan, Dr. J., prakt. Arzt (1894).
Just, Dr. Gerh., Privatdozent für phys. Chemie an der Techn. Hochschule (1903).
Kaiser, Dr. F., Medizinalrat (1889).
Kalkhof, Bernh., Geh. Baurat (1908).
Kappler, Fr., Lehramtspraktikant (1908).
Karle, M., Professor am Gymnasium (1897).
Kast, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1883).
Katz, Dr., Augenarzt (1905).
Klein, Dr. L., Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Techn. Hochschule (1895).
Klein, L., I. Assistent an der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1897).
Kleinlein, Erw., Buchhändler (1909).
Knauer, Leonh., Reallehrer (1902).
Kneucker, A., Hauptlehrer (1902).
Knittel, Dr. A., Buchdruckereibesitzer (1902).
Knittel, Dr. R., Verlagsbuchhändler (1895).
Köhler, Alb., Forstmeister in Bruchsal (1903).
Kohlhepp, Fr., Veterinärrat (1886).
Kors, A. van der, Bankdirektor (1890).
Krack, Oberveterinär (1910).
Krems, Dr. K., Geheimerat, Direktor des Wasser- und Straßenbaues (1907).
Kreßmann, A. Th., Major a. D. (1875).
Krieger, Dr. M., prakt. Arzt in Königsbach (1904).
Kronstein, Dr. A., Chemiker (1896).
Krumm, Dr. F., Spezialarzt für Chirurgie (1897).
Künkel, K., Schulkommissär in Mannheim (1902).
Kux, Dr. H., Chemiker (1899).
Lang, Dr. A., Professor am Realgymnasium (1897).
Lay, Dr. Aug., Seminarlehrer (1903).
Lehmann, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Physik an der Techn. Hochschule (1890).
Leutz, H., Professor am Realgymnasium (1896).
Levinger, Dr. F., prakt. Arzt (1895).
Loës, H., Rechtsanwalt (1908).
Lorenz, Dr.-Ing. W., Kommerzienrat (1879).

Mandelbaum, A., Ingenieur (1906).
Marschalck, K. von, Major a. D. (1896).
Massinger, R., Professor an der Oberrealschule (1894).
May, Dr. W., a. o. Professor für Zoologie an der Techn. Hochschule (1899).
Mayer, Paul, Prof. am Realgymnasium (1904).
Mayer, Rud., Photograph (1893).
Mayerhöffer, Ed., Geh. Oberforstrat (1908).
Meeß, Ad., Privatmann und Stadtrat (1899).
Merton, Gutsbesitzer, Rittnerthaus bei Durlach (1908)
Millas, K. de, Ingenieur (1893).
Molitor, Dr. E., prakt. Arzt (1894).
Müller, Dr. Eb., Laboratoriumsvorstand der chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt (1906).
Müller, Dr. L., Medizinalrat (1896).
Müller, Dr. U., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1893).
Muth, Dr., Oppenheim (1902).
Näher, R., Baurat (1893).
Naumann, Er., Bergrat (1904).
Nesselhauf, R., Regierungsbaumeister (1906).
Netz, F., prakt. Arzt (1893).
Neumann, Dr. M., prakt. Arzt (1901).
Nied, Professor am Lehrerseminar II (1910).
Nordheim, P. von, Postrat (1906).
Nüßlin, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Zoologie an der Techn. Hochschule (1878).
Oechelhaeuser, Dr. A. von, Geh. Hofrat, Professor der Kunstgeschichte an der Techn. Hochschule (1898).
Oehmichen, H., Fabrikant (1904).
Oettinger, Dr. E., Assistent am phys. Institut der Techn. Hochschule (1907).
Ompteda, Lud., Freiherr von, Generalmajor (1909).
Oppenheimer, Sal., Rechtsanwalt (1907).
Ordenstein, H., Hofrat, Direktor des Konservatoriums (1903).
Pahlen, Baron Arend von der, Diplomingenieur (1908).
Paravicini, Dr. R., Regierungsrat, Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern (1903).

Paulcke, W., Professor für Mineralogie und Geologie an der Techn. Hochschule (1905).

Paull, Dr. H., prakt. Arzt (1898).

Pertz, Dr. Art., Spezialarzt für Chirurgie (1908).

Peter, W., Architekt (1903).

Pezoldt, O., Buchhändler (1903).

Pfützner, H., Prof. für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Techn. Hochschule (1908).

Pleger, H., Oberleutnant (1908).

Rebmann, E., Geh. Hofrat, Oberschulrat (1902).

Rehbock, Th., Oberbaurat, Professor des Wasserbaues an der Techn. Hochschule (1900).

Reichard, Fr., Stadtbaurat a. D. (1892).

Reinach, M. Geh. Finanzrat (1907).

Reinfurth, Th., Schulkommissär (1903).

Renz, Aug., Kaufmann in Durlach (1908).

Resch, Dr. A., prakt. Arzt (1888).

Richter, Prof. Dr. M., Fabrikdirektor (1903).

Riehm, Ph., Verbandsdirektor (1903).

Riffel, Dr. A., prakt. Arzt, a. o. Professor für Hygiene an der Techn. Hochschule (1876).

Risse, Dr. H., prakt. Arzt (1899).

Röder von Diersburg, Freiherr, Oberst z. D. und Kammerherr (1901).

Rösch, Dr. Friedr., Direktor der Turnlehrerbildungsanstalt (1908).

Rosenberg, Dr. M., prakt. Arzt (1898).

Roth, Dr. K., prakt. Arzt (1897).

Rothaker, H., Prof. am Gymnasium (1908).

Rupp, G., Professor, Leiter der Großh. Lebensmittelprüfungsstation (1899).

Ruzicka, Stef., cand. chem. (1908).

Sachs, W., Kaufmann (1904).

Sandel, Dr. K., Chemiker (1909).

Sanden, Konr. von, Oberst a. D. (1908).

Scheele, Apotheker (1908).

Schellenberg, R., Finanzrat (1899).

Scheurer, K, Hofmechaniker und Optiker (1877).

Schiller, Dr. Arn., prakt. Arzt (1909).

Schleiermacher, Dr. A., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule (1881).

Schmidle, W., Direktor der Realschule in Konstanz (1908).

Schmidt, Fr., Professor der wissenschaftlichen Photographie an der Techn. Hochschule (1892).

Schoch, C. Fr., Apotheker (1907).

Scholtz, K., Oberstabsveterinär (1905).

Schultheiß, Professor Dr. Ch., Großh. Meteorolog und Dozent an der Techn. Hochschule (1886).

Schuster, Fr., Oberstleutnant a. D. (1905).

Schwab, Dr. Th., prakt. Arzt (1905).

Schwarzmann, Professor Dr. M., Privatdozent für Mineralogie an der Techn. Hochschule und Vorstand der mineral.-geolog. Abteilung des Naturalienkabinettes (1901).

Siefert, X., Geh. Oberforstrat, Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1895).

Sieveking, Dr. H., a. o. Professor für Physik an der Techn. Hochschule (1902).

Skita, Dr. A., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1905).

Sprenger, A. E., Geh. Oberregierungsrat (1878).

Spuler, Dr. A., a. o. Professor der Anatomie in Erlangen (1897).

Spuler, Dr. R., Augenarzt (1903).

Stark, F., Professor an der Oberrealschule (1895).

Staudinger, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1907).

Stein, H., Apotheker in Durlach (1896).

Steiner, Dr. A., prakt. Arzt (1896).

Steinkopf, Dr. W., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1909).

Sternberg, Dr. H., prakt. Arzt (1897).

Steude, Dr. M., Chemiker und Redakteur (1896).

Stöbe, Lehramtspraktikant (1909).

Stoll, Dr. Herm., Forstamtmann (1902).

Stoll, Dr. W., Ministerialrat (1906).

Strelin, Georg, Diplomingenieur in Durlach (1909).

Ströbe, Dr. F., Hofapotheker (1905).

Stutz, Ludw., Großh. Vermessungsinspektor (1905).

Teichmüller, Dr. J., a. o. Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1899).

Thilo, Fr., Forstrat (1908).

Thürach, Dr. H., Bergrat, Landesgeolog (1908).

Tolle, M., Professor, Privatdozent für Maschinenbau an der Techn. Hochschule (1906).

Treutlein, P., Geh. Hofrat, Direktor der Goetheschule (1875).

Troß, Dr. O., Hofrat, prakt. Arzt (1893).

Türk, W. (1909).

Vogel, Dr. Jul., Chemiker (1904).

Vogt, A., Rektor, Vorstand der städt. Handelsschule (1903).

Vogt, Dr. W., Privatdozent für darstell. Geometrie an der Techn. Hochschule (1908).

Volz, H., Professor an der Akademie der bildenden Künste (1892).

Wagner, Dr. E., Geheimerat, Konservator der Altertümer (1864).

Wagner, G., Privatmann in Achern (1876).

Wagner, Leop., Prokurist (1899).

Wallenberg, A. von, Generalmajor z. D. (1903).

Weiler, Dr. A., Professor a. D. (1883).

Williard, A., Baurat a. D. und Stadtrat (1895).

Wilser, Dr. L., in Heidelberg (1881).

Wimmer, Dr. Em., Forstassessor, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1904).

Winkelmann, Dr. Max, Privatdozent für Mechanik u. Mathematik (1906).

Wöhler, Dr. Loth., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1898).

Wohnlich, Dr. Em., Assistent a. d. Lebensmittelprüfungsstation (1909).

Wunderlich, Dr. H., Hofrat, prakt. Arzt (1896).

Zartmann, Dr. F., Privatmann (1899).

Ziegler, A., Geh. Hofrat (1903).

Ziegler, Dr. V., prakt. Arzt (1899).

Sitzungsberichte.

(Autoren-Referate.)

700. Sitzung am 16. Juli 1909.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler.

Herr Geh. Hofrat Dr. Klein hielt einen Vortrag über »Die schepp Allee« in Darmstadt als botanisches Problem.

701. Sitzung am 22. Oktober 1909.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 21 Mitglieder.

Der Vorsitzende machte darauf aufmerksam, daß die letzte Sitzung die 700. seit der Gründung des Vereins im Jahre 1862 gewesen sei; da damals nicht angegangen sei, den nach jeder 100. Sitzung üblichen Rückblick auf die Geschichte und die Entwicklung des Vereins zu geben, so solle dies heute nachgeholt werden. Der Schriftführer gab sodann einen kurzen Abriß über dessen Geschichte und Entwicklung. Schon im Jahre 1840 war durch Alex. Braun, Eisenlohr, Walchner, Weltzien und Klauprecht ein Verein für naturwissenschaftliche Mitteilungen gegründet worden, dem trotz raschen Aufblühens die Revolutionsjahre ein Ende machten. In den fünfziger Jahren waren einige der Mitglieder, unter ihnen besonders Eisenlohr, regelmäßig wieder zur Abhaltung von Vorträgen zusammengekommen, ein eigentlicher Verein trat aber erst nach der Naturforscherversammlung, die 1858 in Karlsruhe getagt hatte, auf Anregung des Großherzogs Friedrich ins Leben. Es wurde, hauptsächlich wieder auf Betreiben von Eisenlohr, ein Verein für naturwissenschaftliche Belehrung gegründet, der gegen Entgelt jedermann zugängliche Vorträge

abhalten ließ. Aus diesem Verein ist im Jahre 1862 der Naturwissenschaftliche Verein hervorgegangen; auch dabei war Eisenlohr in erster Linie beteiligt. Seitdem hat sich der Verein stetig entwickelt und die Mitgliederzahl ist von 62 im Jahre 1862 auf 265 angewachsen.

Hierauf sprach Herr Geheime Hofrat Nüßlin über »Neuere Forschungen über Tannenläuse (Chermes)«. Der Vortragende entwickelte sein Thema mit einem historischen Einblick in die Literatur der letzten 20 Jahre. Darnach wurde das Dunkel, welches bis 1887 die Biologie und Systematik der Tannenläuse einhüllte, 1887—1889 durch wichtige Entdeckungen, insbesondere durch den Nachweis einer Geschlechtsgeneration und einer Migration von der Fichte zur Lärche (Tanne, Kiefer) erleuchtet. Erst nach diesen Entdeckungen konnte der komplizierte Entwicklungszyklus, der zum mindesten aus fünf Generationen besteht, erkannt werden. Seit 1907/08 hat auch die Systematik bedeutende Fortschritte gemacht, wodurch aus einer Gattung mit weniger Arten 7 Gattungen geschaffen wurden, welche in zwei Triben und zwei Unterfamilien zusammengefaßt werden.

Redner besprach das jetzige System und die geographische Verbreitung der Arten, sowie die phylogenetischen Hypothesen in bezug auf die Abteilung der einzelnen systematischen Kategorien.

Als besonders erschwerend erweist sich die Disharmonie zwischen der systematisch morphologischen und der biologischen Genese, indem morphologisch einfachere Formen eine komplizierte Biologie besitzen, während morphologisch abgeleitete Formen sich biologisch am ursprünglichsten verhalten.

Die Biologie der Chermiden zeigt wohl die größten Komplikationen, die überhaupt im Pflanzen- und Tierreich vorkommen, indem außer dem aus fünf Generationen bestehenden Normalzyklus noch parallele Zyklen nebenher laufen (Parazyklie), welche teilweise im Begriffe stehen, sich vom fünfteiligen Hauptzyklus zu emanzipieren und selbständig zu werden. Alle Nebenzyklen pflanzen sich ausschließlich parthenogenetisch fort. Durch das Selbständigwerden von Nebenzyklen könnten daher reine parthenogenetische Arten entstehen, worüber die Auffassung der Autoritäten auseinander geht.

Zu gleicher Zeit geht mit dem Gedeihen der Nebenzyklen (bei einzelnen Arten) eine Gefährdung des fünfteiligen Hauptzyklus

einher, indem dessen Geschlechtsgeneration funktionsuntüchtig werden kann, und der Hauptzyklus hierdurch rudimentär zu werden droht.

Redner behandelte weiter die Kontroversen, welche sich infolge der neuesten Fortschritte in nomenklatorischer Hinsicht entwickelt haben, und schlägt eine vermittelnde Nomenklatur vor.

Auch die Migrationshypothesen, welche aus den hypothetisch-monözischen diözische Arten entstehen ließen, wurden im Vortrag berührt.

702. Sitzung am 5. November 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Herr Professor Dr. Paulcke hielt im mineralogischen Hörsal der Technischen Hochschule einen Vortrag über »Die Entwicklung in der Tierwelt«.

Die Entstehung zuerst einfacher organischer Verbindung (Aufbau des Eiweißmoleküls) aus anorganischer Substanz, sowie das Werden von belebten Wesen aus unbelebter organischer Substanz ist eine logische Forderung und es ist anzunehmen, daß diese Vorgänge auf der Erde in einem gewissen Entwickelungsstadium derselben stattfanden. — Die Annahme von Sv. Arrhenius, daß das Leben von einem anderen Weltkörper auf die Erde gekommen sei, weicht nur einem Beantwortungsversuch nach der Entstehung der belebten Natur aus, in dem sie den Schauplatz dieses Werdegangs von der Erde wegverlegen will.

Für die Enträtselung der Entstehungsgeschichte der Tierwelt in ihren Anfangsstadien lassen uns die palaeontologischen Funde aus begreiflichen Gründen (Erhaltungsmöglichkeiten, Metamorphose der einbettenden Gesteine) im Stich. Die ersten Lebewesen, welche uns entgegentreten, sind schon relativ hoch organisiert. Vom Cambr. an können wir aber dann bis in die Jetztzeit hinein eine fortdauernde Entwickelung beobachten.

Eine wichtige Frage ist dabei, ob diese Entwickelung der Tierwelt monophyletisch oder polyphyletisch erfolgte. Die Möglichkeit der Entstehung organischer, und weiter belebter, Substanz muß gleichzeitig an den verschiedensten Stellen der Erde gegeben gewesen sein, sodaß es schon aus dieser Überlegung heraus

wahrscheinlich ist, daß die Entwickelung der organischen Welt an vielen Orten der Erde einsetzte und weiterging. Steinmann hat dann neuerdings besonders paläontologische Tatsachen zur Unterstützung der Hypothese des polyphyletischen Ursprungs der Tierwelt angeführt.

Der Vortragende behandelt dann an Hand reichlichen Materials von Zeichnungen und Lichtbildern sowie zeichnerischen Darstellungen an der Tafel eine Anzahl von Entwickelungsreihen in der Tierwelt, welche Material für die Annahme der polyphyletischen Entwickelung der Wirbellosen bieten. Es wird ferner gezeigt, daß die Annahme, große Formengruppen seien »ausgestorben«, nicht zurecht besteht, und daß sich überzeugende Beispiele anführen lassen, welche die allmähliche Umwandlung von Tierreihen in neue Formenerscheinungen nachweisen lassen. Trotzdem die Urformen und die Endglieder solcher Reihen starke Unterschiede voneinander aufweisen, haben uns paläontologische Funde eine Unmenge von Zwischenformen geliefert, welche einwandfreie Bindeglieder mit allmählichen Veränderungen der Gestalt darstellen, sodaß z. T. nahezu lückenlos die Übergänge von einer Art in die andere nachweisbar sind.

Besonders aus den Gruppen Zweischaler, Brachiopoden und Cephalopoden werden als Beispiele angeführt und zum Teil eingehend behandelt. Aus diesen Darlegungen geht die vollkommene Plastizität der Tierformen deutlich hervor; ihre Abgrenzungen und Benennungen als Gattungen und Arten ist nur ein notwendiger Behelf zu gegenseitiger Verständigung; eine dauernde Fixierung zu einer unveränderlichen Form gibt es nicht. —

Ohne Unterbrechung auf ihrem Entwickelungswege vom Paläozoikum bis zur Jetztzeit zu verfolgende Reihen sind leider nur relativ wenige bekannt, viele Reihen brechen scheinbar unvermittelt zu gewissen Zeiten ab, andere scheinen unvermittelt aufzutreten.

Für das unvermittelte Abbrechen solcher Gruppen spricht man gewöhnlich von »völligem Aussterben«, für diese plötzliche Art des Erscheinens hat man das jeder Erklärung aus dem Weg gehende Schlagwort: »spontane Entwickelung« geprägt. — Steinmann besonders hat sich gegen die Annahme eines Aussterbens ganzer Tiergruppen mit Nachdruck gewendet.

Drei Gründe sind besonders dafür verantwortlich zu machen, daß wir nur wenig zusammenhängende Entwickelungsreihen kennen.

Erstens: die mangelhafte Überlieferung des Materials, bedingt durch ungünstige Erhaltungsbedingungen, Unzugänglichkeit des größten Teiles der Erdoberfläche für paläontologische Forschung (Meeresbedeckung, welche alle unter ihr liegenden Sedimente der Erforschung entzieht) Fehlen bestimmter Sedimente (Facies) in der zugänglichen Schichtserie, in denen Bindeglieder zu erwarten sind. Geringe Zahl und Ausdehnung der sog. Aufschlüsse, mangelhafte Durchforschung vieler Teile der Erde. — Zweitens: Unzureichende Durcharbeitung des vorhandenen paläontologischen Materials. Drittens: Abhängigkeit der paläontologischen Forschung von den zum Dogma erklärten Lehren vom Aussterben und von der spontanen Entwickelung. — Zum zweiten und dritten Punkt ist zu bemerken, daß das sog. »Aussterben«, das Abbrechen verschiedener typischer Tiergruppen besonders am Ende des Paläozoikums erfolgt, und daß das sog. unvermittelte Auftreten neuer Formen besonders im Jura bzw. in der Mitte der oberen Trias stattfindet.

Grund dafür ist, daß uns vor allem aus dem Perm und aus der unteren Trias vorwiegend Festlandsablagerungen bekannt sind, bzw. terrigene Sedimente, welche nicht als Lebensbezirke der sogenannten »ausgestorbenen Formen« dienten, und welche für die Erhaltung ihrer Einschlüsse überdies sehr ungünstige Bedingungen bieten. Wenn dann nach langer — sogar, geologisch gesprochen, sehr langer — Zeit nach Ablagerung z. B. bestimmter mariner Facies des Paläozoikums wieder entsprechende Arten der Sedimentausbildung mit entsprechenden Fossileinschlüssen im Mesozoikum auftraten, so haben sich in dieser langen Zeit die betreffenden Tierformen so verändert, daß ihre Verwandtschaft meist nicht mehr einwandfrei nachzuweisen ist.

Das Auffinden von entsprechenden Faunen in marinen Sedimenten aus diesen Formationsgruppen (Perm und Trias) wird z. T. diese Lücken immer mehr schließen, und ein vorurteilsfreies Nachprüfen des vorhandenen Materials wird eine immer reichlichere und vollständigere Aufstellung kontinuierlicher Entwickelungsreihen ermöglichen.

Herr Prof. F. Schmidt berichtete sodann über den Rotations-Tiefdruck für Zeitungen und Zeitschriften (von Dr. Eduard Mertens-Freiburg i. B.), der geeignet erscheint, eine Umwälzung auf dem Gebiet des Illustrationsdruckes hervorzurufen.

Es handelt sich dabei um die Verwendung des schönsten, vornehmsten Druckverfahrens, des Kupferdruckes, zur einfachen, ungemein raschen Herstellung von Illustrationen auf gewöhnlichem Zeitungspapier in Verbindung mit der Rotationsmaschine.

Die ersten Druckproben sind in der Sonderausgabe der Freiburger Zeitung, Ostern 1910, enthalten und lassen in der Tat die Bedeutung des neuen Verfahrens erkennen. Von äußerst feiner, geradezu verblüffender Wirkung sind namentlich die Abbildungen des Freiburger Münsters, des Frankfurter Palmenhauses, einer in Holz geschnitzten Madonna sowie einige Inserat-Reklamebilder.

Das Wesentlichste der Mertensschen Erfindung besteht in folgendem: Die Bilder werden nicht von ebenen Metallplatten, sondern von Zylindern gedruckt, die aus einem eisernen Kern und einem darüber gezogenen Kupfermantel bestehen. Die Bildübertragung geschieht in der Art, daß der Metallzylinder zunächst mit lichtempfindlicher Chromleimlösung spiralförmig begossen und getrocknet wird; dann legt man einen photographischen Rasterfilm (Diapositiv) um den Kupfermantel herum und kopiert das Ganze bei Tages- oder elektrischem Licht. Hierauf wird die Kopie gewaschen, rasch getrocknet und mehrmals geäzt. Das Bild liegt nun reliefartig vertieft im Kupfermantel. Zum Druck dient eine besondere, einfache Maschine, deren wichtigste Vorrichtung eine Rakel (Schaber) ist, die sich ununterbrochen hin- und herbewegt und die Aufgabe hat, den Überschuß der aufgetragenen Farbe von dem spiegelglatten Kupferzylinder sauber abzustreichen.

Ein solcher Kupferzylinder hält ebensoviele Drucke aus wie ein Hochdruck(Autotypie)-Cliché. Es lassen sich in der Stunde 12000 Drucke herstellen; die Kosten der Kupfermäntel sind verhältnismäßig gering, da die Mäntel sehr wenig abgenutzt werden. Nach erledigtem Druck werden die Bilder auf dem Tiefdruckzylinder zugedrückt und abgeschliffen; der Zylinder ist dann wieder brauchbar.

703. Sitzung am 19. November 1909.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 28 Mitglieder.

Neu angemeldetes Mitglied: Herr Lehramtspraktikant Dr. Burck.

Der Vorsitzende teilte mit, daß das Gelände, unter dem sich die Erdbebenstation in Durlach befinde, vom Großh. Ministerium des Innern angekauft worden sei und daß für die Landwirtschaftliche Versuchsanstalt ein Gebäude darauf errichtet werde. Das von der Erdbebenstation gebaute Häuschen, in dem ein Arbeitsraum sei, müßte abgerissen werden, doch würde in dem neuen Gebäude ein leider nur etwas zu kleiner Raum gegen einmalige Zahlung einer Summe zur Verfügung gestellt. Der Instrumentenraum würde unberührt bleiben.

Herr Privatdozent Dr. Hennings hielt sodann einen Vortrag über »Heimatschutz und Naturdenkmalpflege«, der in den Abhandlungen des 22. Bandes der Verhandlungen zum Abdruck gebracht ist.

In der sich daran knüpfenden Besprechung teilte Herr Oberforstrat Siefert mit, daß die Forstdirektion in einem Erlaß die Forstämter aufgefordert habe, die in ihren Bezirken vorhandenen Naturdenkmäler namhaft zu machen und zu schützen. Ein Exemplar des so entstandenen Inventars sei auf jedem Forstamt vorhanden. Auf Vorschlag des Vorsitzenden wird eine Kommission zum Schutz der Naturdenkmäler eingesetzt und die Herren Hennings, Klein, Nüßlin und Paulcke zu Mitgliedern gewählt.

704. Sitzung am 3. Dezember 1909.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 38 Mitglieder.

Herr Privatdozent Dr. Auerbach berichtete über zwei Studienreisen, die er mit Unterstützung des Karlsruher Naturwissenschaftlichen Vereins in den Jahren 1908 und 1909 nach Bergen (Norwegen) machen konnte. Zweck der Untersuchungen war die experimentelle Feststellung der Biologie der Myxosporidien, Fischparasiten, welche auch unseren heimischen Fischen sehr gefährlich werden können (Drehkrankheit der Salmoniden, Beulenkrankheit der Barben usw.).

Nach einer kurzen einleitenden Darlegung der Morphologie, Biologie und Systematik der Myxosporidien, wie sie bisher bekannt war, leitete der Vortragende aus eben diesen Ausführungen die Fragen her, welche auf seinen Reisen der Lösung näher gebracht werden sollten und die sich eben folgendermaßen zusammenfassen lassen:

1. Künstliche Infektion gesunder Fische mit Myxosporidien.

2. Experimentelle Feststellung, wie im Fischkörper der Infektion zustande kommt.

3. Studium der Fortpflanzungsverhältnisse der Parasiten.

4. Experimentelle Darstellung des ganzen Zeugungskreises.

Daneben wurde bei Untersuchung des großen zur Verfügung stehenden Fischmaterials noch die Möglichkeit gegeben, zugleich alle Parasiten der untersuchten Fische zu sammeln und der Bearbeitung durch Spezialisten zugänglich zu machen.

Die erste Studienreise des Jahres 1908, die den Vortragenden einen Monat an die Biologische Station nach Bergen führte, diente nur vorbereitenden Untersuchungen; es mußte festgestellt werden, ob an jenem Institut das geeignete Material beschafft werden könnte, welche Parasiten sich zu den Versuchen am besten eigneten usw.

Da die Ergebnisse jener vorbereitenden Reise sehr günstige waren, wurde die diesjährige zweimonatliche Fahrt an die gleiche Stelle angetreten, und als Versuchsobjekt eine vom Vortragenden neu entdeckte Art (Myxidium bergense Aurb.), die in der Gallenblase des Gadus virens L. lebt, verwendet. Wie der Redner ausführte, war er so glücklich, alle gestellten Fragen in durchaus befriedigendem Sinne lösen zu können, und durch seine so gewonnenen Erfahrungen in den Stand gesetzt zu sein, nun auch den gleichen Problemen bei den unseren heimischen Fischen schädlichen Formen mit der Aussicht auf Erfolg näher zu treten.

Zum Schlusse seines Vortrages legte der Redner noch dar, wie durch Funde über die Fortpflanzung einer von ihm neu entdeckten Myxosporidiengattung (Zschokkella) sich ganz neue Gesichtspunkte über die Abstammung und systematische Gruppierung jener Schmarotzer ergeben hätten.

705. Sitzung am 17. Dezember 1909.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im großen Hörsal für Chemie der Technischen Hochschule hielt Herr Professor Dr. Haber einen durch viele Experimente sehr anschaulich gemachten Vortrag über »Die Darstellung des Salpeters aus der Luft«, dessen Inhalt in der in diesem Band zum Abdruck gebrachten Arbeit des Vortragenden wiedergegeben ist.

706. Sitzung am 7. Januar 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Neu angemeldete Mitglieder die Herren: Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts Exzellenz Dr. Freiherr von Babo, Assistent Diplomingenieur Beyer, Diplomingenieur Strelin in Durlach.

Der Vorsitzende begrüßte zuerst die zahlreich erschienenen eingeladenen Gäste und widmete dann einem langjährigen treuen Mitglied, Herrn Geh. Oberfinanzrat Sachs, einen Nachruf.

Herr Geh. Hofrat Dr. Klein hielt sodann einen Vortrag über »Die Lebensweise und die Gefährlichkeit des echten Hausschwamms und seine Verwechslung mit anderen Holzzerstörenden Pilzen«.

707. Sitzung am 21. Januar 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 57 Mitglieder.

Herr Privatdozent Dr. Sieveking hielt einen Vortrag über »Die Elektronen«.

Bei den Erklärungsversuchen der elektrischen Erscheinungen hat sich eine Erweiterung der Maxwell-Hertzchen Anschauungen als fruchtbar erwiesen.

Die von Lorentz stammende Auffassung elektrischer Vorgänge als auf Bewegung diskreter elektrischer Teilchen, der Elektronen beruhend, ist gewissermaßen eine atomistische und steht somit im Gegensatz zu der energetischen. Die Elektrolyse und die Veränderung der Spektrallinien im Magnetfelde geben

Aufschluß über das Verhältnis der elektrischen Menge zu der stofflichen Masse bei bewegten Elektrizitätsträgern oder Ionen. Die negativen Elektronen haben eine etwa 2000 mal so geringe Masse als der Atom des Wasserstoffs. Der Vortragende behandelte ausführlich den Vorgang der elektrischen Gasentladung, bei dem die Elektronen dem Studium zugänglich sich erweisen, speziell die Thomson und Wilsonschen Bestimmungen des Elementarquantums.

Die Bestimmung der Ionenmenge sowie ihrer Beweglichkeit unter normalen Druckverhältnissen wurde an Beispielen erläutert, alsdann die Kathoden- und Kanalstrahlen, speziell der bei letzteren auftretende Stark-Effekt, beschrieben.

An der Hand der Ergebnisse des Studiums der Radioaktivität gab der Verfasser die neuesten Daten über Zerfallskonstanten und Umwandlungsmenge. Aus der Menge der von einem Gramm Radium pro Tag entwickelten Emanation und der Zahl der emittierten α-Teilchen berechnet sich die für unsere Atomistik fundamentale Zahl der Moleküle im Kubikzentimeter Gas zu $2{,}56 \cdot 10^{19}$. Diese Zahl harmoniert mit den auf zwei ganz andern Wegen gefundenen Werten für die gleiche Größe.

Die atomistische Auffassung der Materie wird also durch die Elektronen gestützt und vertieft.

708. Sitzung am 4. Februar 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 35 Mitglieder.

Geh. Hofrat Dr. Haid sprach über »mikroseismische Oszillation der festen Erdkruste« und legte dar, wie durch neuere Beobachtungen auf der Station Apia auf Samoa und aus Untersuchungen von gleichzeitigen Bewegungen in Hamburg, Straßburg und Wien die Ansicht sich immer mehr befestigt, daß diese sehr kleinen Schwingungen der Erdrinde von dem durch Stürme an der Meeresküste erzeugten Anprall der Wogen hervorgerufen werden. Diese mikroseismischen Bewegungen werden wie die Bewegungen bei großen Erdbeben weithin übertragen, doch gelangen augenscheinlich wegen der geringen Amplitude nur die oberen Schichten der Erdkruste in Schwingung. Kommen dann noch Eigenschwingungen dieser oberen Schichten hinzu, so

wurde gezeigt, wie je nach ihrer Periode in einzelnen Regionen die jeweilige Dicke der Erdkruste gleichsam aus diesen Obertönen der bei den großen Erdbeben entstehenden großen Wellen sozusagen abgehorcht werden kann.

Herr Professor Schultheiß zeigte darauf zwei von dem Direktor der Heidelberger Sternwarte, Herrn Geh. Hofrat Dr. Wolf, am Abend des 31. Januar aufgenommenen Photographien des neuen Kometen 1910 A vor.

709. Sitzung am 18. Februar 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 36 Mitglieder.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Generalmajor L. Freiherr von Ompteda.

Herr Oberleutnant Pleger hielt einen Vortrag über »Einen Besuch in den Kohlenbergwerken von Tongshan in Nordchina«.

Die Kohlenfrage ist heutzutage für jede Kulturmacht eine der wichtigsten Existenzfragen, und gerade für China, das seit dem Boxeraufstand in die Reihe der westlichen Kulturmächte einzutreten ernstlich bestrebt ist, ist die Ausbeutung seiner ungeheuren Kohlenschätze von großer Bedeutung. Chinas Entwicklung geht mit dieser Ausbeute Hand in Hand.

Die Provinzen Tschili, Shantung, Schansi, Shensi stecken voller, bisher noch fast unaufgedecker Schätze an Kohle.

Das größte Kohlengebiet ist das von Tongshan, an der Bahn von Taku nach Mukden; dies Gebiet hieß früher Kaiping Kohlengebiet.

Um diese in der Erde vergrabenen Millionenschätze tobt augenblicklich ein heftiger Kampf zwischen China und der Bank von England, welche im Jahre 1900 in den Wirren des Boxeraufstandes die von Li-Hung-Tschang 1876 gegründete »Chinese Engineering and Mining Company« an sich gerissen hatte.

Die Kohlenbergwerke blühen unter englicher Verwaltung auf und haben reißenden Absatz. Natürlicherweise versucht die chinesische Regierung der englischen Gesellschaft Schwierigkeiten zu bereiten, indem sie einmal verhindert, daß an anderer Stelle als an zwei Orten, Tongshan und Liensi, nach Kohle gegraben wird, anderseits selbst Konkurrenzgruben eröffnet.

Die englische Tongshan-Kohlengesellschaft ist deshalb gezwungen, unter der Erde meilenweit vorzugehen, und treibt gewaltige Stollen nach allen Himmelsrichtungen.

Die deutsche Shantungkohle ist allerdings qualitativ besser als diese Tongshan-Kohle, jedoch sind die Lager nicht so ausgiebig und die Flötze nicht so breit wie in Tongshan.

Die Kohlengruben Tongshan reichen auf der Ostseite bis in das Alluvium der nordchinesischen Tiefebene, des Anschwemmgebietes, hinein, und die Gesellschaft ist gezwungen, nach dieser Seite mächtige Vermauerungs- und Abdämmungsarbeiten auszuführen, um dem eindringenden Wasser Halt zu gebieten. Auch müssen eine Menge Flötze unabgebaut liegen bleiben. — Ein gewaltiger Schaden, denn gerade nach der Seeseite liegen die besten kohlenstoffhaltigsten Lager.

Vielleicht kann man in späteren Jahrhunderten, wenn das gelbe Meer sich weiter zurückgezogen hat, diese im Löß vergrabenen Kohlenflötze von neuem zum Leben erwecken, und sie bilden dann vielleicht der Menschheit ein willkommenes Reservoir, wenn die Maschinen der rastlos vorwärts schreitenden Technik die meisten Kohlenschätze der Welt verschlungen haben.

Das ganze Bergwerk ist durch und durch feucht und dieser Umstand hat die günstige Folge, daß sich kein Kohlenstaub und damit auch keine schlagenden Wetter bilden können, mithin ziemlich sorglos gearbeitet werden kann.

Der ganze Abbau und der Betrieb der Grube geschehen vollkommen europäisch, und doch geben das eigenartige Personal, die chinesischen Kulis mit ihrem ohrenbetäubenden Arbeitslärm, die Beamten aller Nationen, ferner die Betriebsmittel der Förderbahnen, chinesische Maultiere, dem Ganzen ein neues, unnachahmbares, originelles Gepräge.

Sehr sorgfältig wird nicht abgebaut. Ein Sortieren findet überhaupt nicht statt. Die Nachfrage ist so groß, daß man sich damit nicht aufhält, sondern, wie die Kohle aus den Flötzen roh herausgehackt wird, so geht sie oben direkt in die Kohlenzüge, die dann nach allen Seiten, in die Mandschurei, Peking, Südchina, zum Hafen Taku auseinandersausen.

Daß natürlich bei diesem etwas stark an Raubabbau erinnernden Verfahren wohl manches Prachtstück fossiler Tier- und

Pflanzenreste achtungslos verloren geht, ist klar und sehr zu bedauern. Darum kümmert sich kein Mensch in Tongshan.

So wird es wohl in allen chinesischen Bergwerken zugehen, und weder Regierung, noch die fremden, nach schnellem Gelderdienst hastenden Unternehmer werden dazu zu bringen sein, große paläontologische Studien in den Kohlenbergwerken zu befürworten.

Der ganze Grubenbetrieb ist in den Jahren 1907/09 elektrisch eingerichtet worden und die Gesamtanlage ist von den deutschen Siemens-Schuckert-Werken vereinigt mit der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft ausgeführt, ein Triumph deutscher Wissenschaft.

Aus der Tongshangrube ist das gesamte, jetzt sehr ausgedehnte, chinesische Eisenbahnnetz entstanden. Zur Verbindung der Grube mit dem 10 km weit entfernt liegenden Endpunkt des von Tientsin kommenden Lutai-Kohlenkanals wurde 1881 eine Feldbahn gebaut. Dieses Bähnchen war die erste Eisenbahn in China, und von hier aus entwickelte sich schnell das nordchinesische Bahnnetz über Taku, Tientsin, Peking, Mukden, Hankau, Kalgan.

Also die Tongshankohle war es, welche die modernen Verkehrsmittel in China entstehen ließ, die die Hauptkanäle für die unaufhaltsam fortschreitende westliche Kultur bilden, und die das Reich aus seinem 1000jährigen Schlaf zu neuer Kraft und Macht aufrütteln.

Der Vorsitzende dankte dem Redner für seine Ausführungen, die er durch Kartenskizzen, die zur Verteilung kamen, besonders anschaulich gemacht hatte.

Der Vorsitzende gab sodann zurückkommend auf seine in einem früheren Vortrag gemachten Ausführungen eine Erklärung der Ursachen der Explosionen in Kohlenbergwerken und Herr Professor Paulcke schildert die Art des Auftretens der Kohle in Nordchina und erläutert, wie die dortigen Kohlenlager wahrscheinlich entstanden sind.

710. Sitzung am 4. März 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 27 Mitglieder.

Der Vorsitzende legt zuerst das Werk über die Cnidosporidien von Herrn Professor Auerbach vor, das die Frucht von

dessen Forschungsreise nach Norwegen darstellt. Herr Professor Dr. Riffel hielt sodann einen Vortrag über »Die Bedeutung der vergleichend-statistisch-genealogischen Forschung für Prophylaxe und Therapie«.

Der Vortragende beschäftigt sich seit Jahrzehnten mit hygienischen Fragen, die er vorzugsweise vom Standpunkte des praktischen Arztes auffaßt. Sein ursprünglicher Plan war, eine Anzahl kleinerer leicht übersehbarer Orte, die sich durch ihre geographische Lage, ihren Untergrund und durch ihr Grund- und Trinkwasser wesentlich voneinander unterscheiden, genau nach der Pettenkoferschen Methode zu untersuchen, dabei aber auch die Bewohner dieser Orte nach all ihren Beziehungen scharf ins Auge zu fassen, um alsdann unter Würdigung aller Verhältnisse und Tatsachen auf vergleichend-statistisch-genealogischem Wege festzustellen, welchen Einfluß, Luft, Licht, Boden, Wasser, Ernährung, Kleidung, Wohnung, Beschäftigung usw. auf den Gesundheitszustand einzelner Menschen, ganzer Familien und der Bevölkerung etwa auszuüben vermögen. Er tat dies, weil sich große Städte und Krankenhäuser mit ihrer aus allen Weltgegenden zusammengeströmten fluktuierenden Bevölkerung viel weniger zu derartigen Untersuchungen und Nachforschungen eignen, als kleinere, leicht übersehbare Orte mit meist stabiler Bevölkerung. Nachdem aber die Bakteriologie ihre bekannten Fortschritte gemacht, die Pettenkoferschen Theorien dadurch mehr in den Hintergrund gedrängt, unter andern der Tuberkelbazillus als spezifischer Erreger der Schwindsucht entdeckt, die Schwindsucht oder Tuberkulose infolgedessen definitiv in die Reihe der Infektionskrankheiten eingereiht, die Tuberkulose des Menschen und die Tuberkulose des Rindes für ein und dieselbe Krankheit und für gegenseitig übertragbar erklärt und nachdem endlich das Tuberkulin als ein vorzügliches Heil- und diagnostisches Mittel bei Tuberkulose gepriesen worden war, hat sich der Vortragende entschlossen, die Tuberkulosefrage vorerst einmal für sich allein herauszugreifen und das Tatsachenmaterial, das er sich auch in bezug auf diese Krankheit gesammelt hatte, den Hypothesen, Theorien und Dogmen der bakteriologischen Richtung gegenüber zu stellen und zu prüfen, wie es sich mit denselben in Einklang bringen läßt. Denn wenn das alles wahr sein sollte, was die so rasch zur Herrschaft gelangte bakteriologische Richtung von der Spezifität der Pilze behauptete, so lag

doch der Gedanke sehr nahe, daß sich das auch durch die praktische Erfahrung bestätigen lassen müsse, namentlich bei einer Krankheit, die von jeher, immer, überall, zu allen Jahreszeiten und in allen Schichten der menschlichen Gesellschaft gerade so vorgekommen ist, wie sie heute noch vorkommt. Um dies möglichst anschaulich machen zu können, hat der Vortragende eine größere Anzahl von Stammbäumen aus den von ihm nach obigem Plan untersuchten Orten (Stupferich und Untermutschelbach im Hügelland, Karlsdorf, Huttenheim und Rheinsheim in der Rheinebene) auf großen Tafeln in Diagrammform hergestellt und zwar so, daß in der Mitte das Stammelternpaar steht, an das sich dann in konzentrischen Kreisen die Kinder, Enkel, Urenkel usw. anschließen. Die einzelnen Nachkommen (einschließlich aller totgeborenen und frühzeitig verstorbenen Kinder) sind durch die in der Botanik und Zoologie üblichen Geschlechtszeichen unterschieden. Krankheiten und Todesursachen sind, soweit sie sich durch Akten, Erfahrung oder Tradition feststellen ließen, durch besondere Zeichen und Farben unterschieden. An diesen Diagrammen ist nun auf den ersten Blick ersichtlich, wie groß der Kindersegen, wie groß die Sterblichkeit im allgemeinen und ob Schwindsucht, Krebs, Thyphus, Apoplexie, Arthritis oder auch geistige Defekte besonders häufig und wie sie in den einzelnen Familien wechselweise vorkommen.

An den Stammbäumen ganzer Orte läßt ferner sich deutlich erkennen, daß die Schwindsucht an bestimmte Familien sich hält und daß sie von diesem aus, nicht durch Infektion, sondern durch Heiraten in andere Familien übertragen wird und sich so lange fortpflanzt bis die Nachkommen der betreffenden Personen ausgestorben sind oder bis derartige günstige äußere Verhältnisse eintreten, welche die Körpergewebe, d. h. die Konstitution so umstimmen, daß sie widerstandsfähig genug ist, den Insulten, welche ihren Zerfall einleiten und begünstigen, widerstehen zu können. Daß dies möglich ist, beweisen unsere Lungenheilanstalten. Den strikten Beweis dafür, daß die Schwindsucht keine ansteckende Krankheit ist, liefern die zahlreiche aus den Stammbäumen oder Diagrammen aller Orte abzulesende Erfahrungstatsachen, daß gesunde Ehegatten Jahre und Jahrzehnte lang mit schwindsüchtigen Ehegatten zusammenlebten und Nachkommen mit ihnen erzeugten, ohne daß sie selbst schwindsüchtig wurden,

während der Defekt des kranken Ehegatten sich früher oder später an diesen Nachkommen in irgend einer Form wieder zeigte.

Als Beweis dafür, daß uns die jetzt im Schwunge sich befindenden einseitigen bakteriologischen Untersuchungen ebenso wenige genügende Aufschlüsse über die Ursachen und Verhütungsmaßregeln von Krankheiten geben können, wie einseitige chemische Untersuchungen, führt der Vortragende unter anderem auch Äußerungen Robert Kochs an, die dieser im Jahre 1906 in Stockholm getan. In seiner dort, gelegentlich der Überreichung des Nobelpreises, gehaltenen Rede führte er nämlich aus wie folgt: »Wir sind jetzt auch im Reichsgesundheitsamte zu der Erkenntnis gelangt, daß die Tuberkulose des Menschen und die Tuberkulose des Rindes verschieden und gegenseitig nicht übertragbar sind. Für den Menschen ist nur der Mensch gefährlich. Aber auch da müssen wir eine offene und eine geschlossene Tuberkulose unterscheiden. Denn nur die erstere ist ansteckend. Aber auch bei dieser müßten wir unterscheiden in bezug auf den Grad der Ansteckungsfähigkeit. Denn wir machen sehr oft die Erfahrung, daß Schwindsüchtige Jahre lang mit ihren Angehörigen zusammenleben, ohne daß sie jemanden anstecken.« Solche Zugeständnisse von Seite der ersten Autorität auf bakteriologischem Gebiete beweisen zum mindesten, daß man sich auch bei dieser so viel gerühmten exakten Forschung bedeutend irren kann und daß wir daher andere allseitigere Forschungswege einschlagen müssen, bei deren Begehen solche fundamentale Irrtümer und Entgleisungen ausgeschlossen sind. Und das ist eben die vergleichend-statistisch-genealogische Forschungsmethode, weil bei ihr Luft, Licht, Boden, Wasser, Bakterien usw. und weil dabei namentlich auch der Mensch im Gegensatz zum Versuchstier Berücksichtigung indetf und wir so durch die Vergleichung aller Verhältnisse von verschiedenen Orten in die Lage versetzt werden, möglichst sichere Anhaltspunkte für die Entstehung, Verhütung und Heilung von Krankheiten zu gewinnen.

Herr Dr. Troß meinte gerade an einer der Tafeln des Vortragenden nachweisen zu können, daß die Schwindsucht durch Infektion entstehe und sich fortpflanze.

Herr Dr. Gierke, Bakteriologe und pathologischer Anatom berief sich darauf, daß in 90 % aller Leichen verkalkte tuberkulöse Herde gefunden werden, die noch virulente Tuberkel-

bazillen enthielten und die daher eventuell wieder lebendig werden und die Krankheit von neuem anfachen können. Auf die Umstände, unter denen diese Herde wieder lebendig werden, wurde nicht näher eingegangen.

Herr Dr. Dörr, prakt. Arzt in Liedolsheim erwähnte, daß er von der Obermedizinalbehörde, d. h. vom Ministerium des Innern beauftragt sei, den Ort Liedolsheim in dem vom Vortragenden gedachten Sinn auf Tuberkulose zu untersuchen, daß er aber jetzt schon sehe, daß er zu entgegengesetzten Resultaten gelange. — Im Gegensatz zu diesem Herrn stellt sich Herr Dr. Spuler ganz auf die Seite des Vortragenden.

711. Sitzung am 18. März 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im großen Hörsaal für Chemie der Technischen Hochschule.

Der Vorsitzende begrüßte zunächst die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und des Badischen Architekten- und Ingenieurvereins, welche eingeladen waren; dann hielt Herr Professor Dr. Haber einen Vortrag über »Die Darstellung des Ammoniaks aus Stickstoff und Wasserstoff«. Inhaltlich stimmt er mit der im vorliegenden Band der Verhandlungen zum Abdruck gebrachten Arbeit des Vortragenden überein.

712. Sitzung am 15. April 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 21 Mitglieder.

Herr Oberstleutnant a. D. Schuster hielt einen Vortrag über: »Der Barometergang unter der Einwirkung von Sonne und Mond«. Der Vortragende wies zunächst auf die verschiedenen, für sein Thema in Betracht kommenden Mondumläufe hin, nämlich:

1. Auf den $27^1/_2$ tägigen anomalistischen Umlauf des Mondes in seiner elliptischen Bahn, deren große Achse sich in fast neun Jahren einmal von West nach Ost um die Erde herumdreht,

2. auf den allbekannten $29^1/_2$ tägigen, nur vom Stand des Mondes zur Erde und Sonne abhängigen synodischen Monat vom Neumond über das erste Viertel usw.,
3. auf den tropischen Mondumlauf in der Ebene der Ekliptik, in welchem der Mond in etwa $27^1/_3$ Tagen von der südlichen nach der nördlichen Hemisphäre und zurück wandert und schließlich
4. auf den drakonitischen — wirklichen — Mondumlauf in $27^1/_4$ Tagen in einer etwa 5° gegen die Ekliptik geneigten Ebene, dessen Hochstand in rund $18^1/_2$ Jahren einmal in der Richtung von Ost nach West sich um die Erde bewegt, wodurch die mittlere Deklination des tropischen Monats von $23^1/_2{}^\circ$ auf $28^1/_2{}^\circ$ steigen, bzw. auf $18^1/_2{}^\circ$ sinken kann.

Sodann wies derselbe auf seine am 4. Dezember 1908 und 28. Mai 1909 gehaltenen Vorträge hin und begründete nochmals kurz die Existenzberechtigung seiner »Normalbarometerkurven«; dieselben seien Spiegelbilder des synodischen Mondumlaufes. Nun weise die Astronomie nach, daß der Mond durch die Wirkung der Sonne zur Zeit des Neumondes von der Erde stärker angezogen wird, als zur Zeit der Viertel; Neumond bedeute also eine Tendenz zur Erdnähe, eine Annahme, zu der er auch aus anderen Gründen gekommen sei.

Unter dieser Voraussetzung lasse sich aber der Normalbarometergang in einen normalen synodischen Mondumlauf zurückspiegeln, was an einer Zeichnung erklärt wurde.

Die auffallende Zunahme des Mondeinflusses mit der kalten Jahreszeit, welche sich aus den Normalbarometerkurven ergäbe, stehe im umgekehrten Verhältnis zur täglichen Barometerschwankung und es habe den Anschein, als ob letztere Erscheinung die erstere bedinge. Hiernach wäre der Mondeinfluß in nördlicheren Breiten bedeutender, gegen den Äquator hin geringer anzunehmen, als in Karlsruhe.

In bezug auf die seitlichen Verschiebungen im atmosphärischen Wellensystem verwies Oberstleutnant Schuster ebenfalls auf das in seinem Vortrag vom 28. Mai 1909 gesagte und machte nochmals auf die eigentümliche Erscheinung aufmerksam, daß das Zurückbleiben der einen, im Jahre fast genau 0,8 Tage betragenden Verschiebung mit der rückläufigen Bewegung des Hochstandes

im Drachenmonat harmoniere, während die im Jahre um 1—7 Tage vorschreitende Bewegung, ebenso der Bewegung der großen Achse der elliptischen Mondbahn im anomalistischen Monat entspreche. Bei allen Untersuchungen trete besonders die erstgenannte Verschiebung ebenso entschieden als störend in den Vordergrund, so daß sie nicht übersehen werden könne.

An den zehn Winterhalbjahrsmitteln aus den Jahren 1899/1900 bis 1908/09 wurde der Verlauf dieser Bewegung nochmals gezeigt und durch besondere Gruppierung das monatsperiodische aller dieser Kurven besonders hervorgehoben.

Der Vortragende bemerkte hierauf, daß er sich bewußt gewesen sei, als er zum Schluß seines Vortrages versucht habe, den Barometergang der Monate September bis Dezember 1908 aus den ermittelten Minimumtendenzen der Mondbahn zu erklären, daß seinem System noch etwas wesentliches fehle und er müsse es deshalb dankbar anerkennen, daß ihn der Physiker, Professor Dr. Schneider-Darmstadt, überrascht von der offensichtigen Wirkung der Wanderung des Hochstandes aus dem Drachenmonat, in dem letzterwähnten Kurvenblatt, darauf hingewiesen habe, daß die Untersuchung der atmosphärischen Bewegungen im tropischen Monat bei den erheblich größeren Deklinationsunterschieden noch deutlichere Fingerzeige erhoffen lasse.

In der Erwartung, vielleicht hier das im System noch fehlende Glied zu finden und in der Annahme, daß von fachmännischer Seite noch niemals eine ähnliche Untersuchung bekannt geworden sei, wurde auch diese Arbeit auf breiter Grundlage aufgenommen.

Die Ergebnisse seien kurz zusammengefaßt folgende:

1. Die Barometermittelkurven der Winterhalbjahre haben zur Zeit der nördlichen Wende die bedeutendsten Luftdruckdifferenzen und es sind die Mittel aus den Jahren des drakonischen Hochstandes vor und nach der nördlichen Wende Spiegelbilder.

2. Unter den zeitlichen Verschiebungen tritt auch hier die in fünf Jahren um etwa vier Tage zurückbleibende am auffallendsten hervor.

3. Im Lauf der Monate, vermutlich also infolge Stellung der Erdachse zur Sonne, ändern sich die Luftdruckkurven. Im Winter ist die barometrische Mittelkurve einphasig

mit bedeutendem Maximum kurz vor der südlichen Wende, im Früh- und Spätjahr entspricht der nördlichen Wende ein Minimum, der südlichen Wende ein scharf gekerbtes Maximum, während im Hochsommer das Maximum in die Zeit der nördlichen Wende fällt. Es erkläre sich dies leicht daraus, daß, wenn wir im Winter zur Zeit der nördlichen Wende ein Minimum haben, nicht gleichzeitig auf der südlichen Halbkugel ebenfalls ein Minimum herrschen werde.

Im Anschluß hieran wies der Vortragende durch Zeichnungen nach, wie auch die Himmelsbedeckung und wahrscheinlich durch diese indirekt der Wärmegang innerhalb des Mondes dem Barometergang folge, mithin monatsperiodisch sei.

Nach kurzen Worten zum Verständnis der überall verwendeten Barometermittelwerte wurde schließlich der Barometergang des Januar, sowie des Februar—März 1910 in allen seinen Regungen aus den gewonnenen Hauptmitteln erklärt.

Der Vortragende knüpfte hieran die Bemerkung, daß wenn, wie er aus seinen Ergebnissen schließen müsse, Sonne und Mond nicht nur die Gezeiten des Weltmeeres verursache und regle, sondern auch die Bewegung unserer Atmosphäre, er sich diese Wirkung als eine mechanische denken könne; dann müsse aber der Weltenraum notwendig einen materiellen Äther enthalten.

Gelegentlich der nachfolgenden Besprechung, welche sich vorzugsweise um die Frage der Existenz oder Nichtexistenz des Äthers bewegte, bemerkte der Vorsitzende, Geheimerat Dr. Engler, daß er kürzlich einer Versammlung von Gelehrten angewohnt habe, in welcher zur Sprache gekommen sei, daß es wünschenswert wäre, wenn auch in Deutschland, gleich wie in England und Amerika Nichtfachmänner aus privaten Kreisen sich mehr als bisher an wissenschaftlicher Forschung beteiligen möchten und daß er aus diesem Grunde den heutigen Vortrag nur begrüßen könne.

Herr Hofgartendirektor Graebener berichtete sodann über ein Naturereignis, das am Ostersonntag den 27. März im Botanischen Garten beobachtet wurde. Der Tag war warm und ziemlich windstill, nur wenig dünne Wolken bedeckten den Himmel; da erhob sich, ohne vorausgegangenen Wind, mittags um halb 4 Uhr

plötzlich ein gewaltiges Brausen in der Luft, dem sofort ein Geklirre folgte, als ob ein Glasdach eingestürzt wäre; die nach der Herkunft des Lärm gerichteten erstaunten Blicke sahen Blätter und Stroh in die Luft hoch aufwirbeln, dann war alles wieder still. Zwischen zwei vertieften Kulturhäusern, wo sich sechs Reihen Frühbeetkästen zu je zehn Fenster befinden, bot sich jetzt ein Bild arger Verwüstung. Die mittleren zwei Fensterreihen waren total zertrümmert und lagen nach allen Richtungen hingeworfen in und neben den Frühbeetkästen; die Pflanzen darin lagen kreuz und quer und meist zerbrochen auf dem Boden. Die vier Fensterreihen oberhalb und unterhalb des Zerstörungsplatzes standen unverrückt auf den Lufthölzern, ebenso waren leichte Schattendecken, die seitwärts auf den Gewächshäusern lagen, vor dem Tornado, der sich nur auf einer Stelle von zwölf Meter Länge und vier Meter Breite gebildet hatte, nicht berührt worden. Welche Kraft dieser Wirbelwind besaß, erhellt daraus, daß ein Fenster 37 Kilo wiegt und eine Zeit von etwa zehn Sekunden ausreichte, diese 20 Fenster so übereinander zu werfen.

713. Sitzung am 29. April 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im großen Hörsaal für Chemie hielt Herr Dr. L. Wilser einen durch zahlreiche Lichtbilder anschaulich gemachten Vortrag »über den fossilen Menschen«, der in etwas erweiteter Form unter den Abhandlungen des vorliegenden Bandes zum Abdruck gebracht ist.

714. Sitzung am 13. Mai 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 53 Mitglieder.

Neu angemeldete Mitglieder: Die Herren Krack und Professor Nied.

Herr Professor Dr. Paulcke hielt einen Vortrag mit Lichtbildern über »Alpengeologie und Tunnelbau«.

Zu Beginn seiner Ausführungen wies der Vortragende auf die Wichtigkeit des geologischen Unterrichts an den Technischen

Hochschulen hin und skizzierte die Art, wie er denselben für besonders fruchtbringend hält und dementsprechend handhabt.

Für die Bauingenieure besonders ist ein gutes geologisches Wissen und ein lebendiges Verständnis Haupterfordernis für den Beruf. Da nur relativ wenig Zeit im Lehrplan für die Geologie zur Verfügung steht, hat der Vortragende eine besondere fakultative Vorlesung über technische Geologie an der Karlsruher Hochschule eingeführt. Der Anleitung im Lesen geologischer Karten und dem Profilzeichnen wird besondere Sorgfalt beim Unterricht gewidmet, ebenso Exkursionen, bei denen geologisch-technische Fragen behandelt werden. — Auch in die schwierigen Probleme der Tektonik der Gebirge, besonders der Alpen, müssen die Ingenieure eingeführt werden, wenn sie ein Verständnis für den modernen Tunnelbau und andere wichtige geologisch-technische Fragen gewinnen sollen.

Der Vortragende behandelt dann unter Vorweisung von reichlichem Karten- und Profilmaterial in Originalen wie in Lichtbildern eine Anzahl typischer Tunnelbauten Badens und der Schweiz; u. a. z. B. Muschelkalktunnel zwischen Karlsruhe und Pforzheim; die Juratunnels des Hauenstein und Weissenstein; aus den Alpen Gotthard, Simplon und Lötschberg. Dabei wurden jeweils die typischen Eigenarten der Gesteinsbeschaffenheit, Gebirgsdruck, Bergschläge, der Lagerungsverhältnisse, Temperaturen, Wasserführung und ihre gegenseitigen Beziehungen hervorgehoben und die besonderen Eigentümlichkeiten, welche beim Bau jedes einzelnen Tunnels sich zeigten, geschildert. Z. B. Wirkung der Anhydritgruppe beim Hauenstein, Wasserführung beim Weissenstein, Temperaturen im Simplon und Wassereinbrüche in diesem Tunnel, Lötschbergkatastrophe und ihre Ursachen etc. Geologische Prognosen und Befunde wurden miteinander verglichen; Abhängigkeit der Kalkulation von der geologischen Vorhersage berührt. Simplon, Weissenstein und Lötschberg waren z. T. gelegentlich von Exkursionen mit Studierenden der Technischen Hochschule Karlsruhe während des Baues vom Vortragenden besucht worden, sodaß die Studenten auch in das Verständnis der Beziehungen zwischen Profil der Tunnelachse und Beobachtung über Tag durch Begehungen dieser Gebiete eingeführt wurden.

715. Sitzung am 27. Mai 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler.

Herr Professor Rupp hielt einen Vortrag über: »Das neue Weingesetz und unsere Trinkbranntweine«.

Der Vortragende legte die Grundzüge des Weingesetzes vom 7. April 1909 dar, das bezwecken soll, den Verkehr mit Wein wieder in reellere Bahnen zu lenken und alle die vielen Mißstände und Auswüchse, welche die Weingesetze vom 24. Mai 1901 und vom 20. April 1892, den Verkehr mit Wein, weinhaltigen und weinähnlichen Getränken betreffend, gezeitigt haben, auszurotten; er ging bei seinen Ausführungen auch auf die wirtschaftlichen Verhältnisse, die dabei zu berücksichtigen sind, ein, besonders auf die Frage der Zuckerung und die neuen Bestimmungen über die Buch- und Kellerkontrolle.

716. Sitzung am 10. Juni 1910.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 29 Mitglieder.

Der Vorsitzende teilte mit, daß die Stadt Durlach in dankenswerter Weise einen Beitrag von 80 M. zu den Unterhaltungskosten der Erdbebenstation in Durlach bewilligt habe.

Herr Professor Dr. Wöhler hielt darauf einen Vortrag »Über die explosiven Eigenschaften der Knallsalze und Azide«. Er erläuterte zuerst den Begriff der Initialzündung und definierte die Initialwirkung als Funktion von Gas- und Wärmeentwicklung sowie Detonationsgeschwindigkeit, bei genügender Anfangsgeschwindigkeit des Explosivstoffes, damit nur geringe Mengen desselben nötig werden. Das langsam verbrennende Trinitrotoluol wird nach des Vortragenden Vorschlag zur Ladung für Zünder erst brauchbar durch Beschleunigung seiner geringen Anfangsgeschwindigkeit vermittels Zündung durch eine kleine Ladung von Knallquecksilber. Nur das letztere wird daher als Initialzünder bezeichnet. Vortragender hat in dem Kupferoxydul-, Blei-, Quecksilberoxydul- und Silbersalz der Stick-

stoffwasserstoffsäure ausgezeichnete Initialzünder erkannt, die durch größere Anfangsbrisanz vor dem Knallquecksilber, ebenso wie durch geringere Empfindlichkeit, ausgezeichnet sind, und dasselbe ersetzen sollen. Man ist dadurch auch in der Lage, die sehr unempfindlichen wettersicheren Sprengstoffe im Bergbau, wie das ebenfalls sehr unempfindliche gegossene Trinitrotoluol in Minen und Granaten, mit größerer Sicherheit zünden zu können. Das Knallsilber der Knallerbsen zeigt infolge größerer Anfangsgeschwindigkeit größere Brisanz und Initialwirkung als das Knallquecksilber, ist aber unempfindlicher als dieses gegen den Schlag des Fallpendels wie gegen Temperaturerhöhung. Das vom Verfasser dargestellte Knallnatrium erscheint durch den scharfen Knall »explosiver«, doch ist es weder empfindlicher als Knallquecksilber, noch brisant, zeigt nur große Anfangsgeschwindigkeit der Reaktion, anders als das Natriumazid, das kaum beim Erhitzen verpufft. Die erwähnten Schwermetallazide dagegen sind ganz außerordentlich brisant. Ihre für gewöhnlich geringe Empfindlichkeit kann sich bei großen und dicken Kristallen bis zur Selbstzersetzung steigern, sei es durch Auslösung der freien Energie infolge Kristallspannungen, durch Temperaturveränderung oder differenzierte Festigkeit in den verschiedenen Kristallrichtungen. Diese Selbstzersetzung wurde daher nur bei den löslichen Aziden des Quecksilberoxyds und Bleis beobachtet, nicht bei dem des Kupfer- und Quecksilberoxyds. Basische Azide wurden hergestellt und als weit weniger brisant und viel unempfindlicher gefunden und können daher das Knallquecksilber in Zündhütchen und Flobertmunition ersetzen. Die Zersetzung des Silber-, Blei- und Mercuroazids im ultravioletten oder Sonnenlicht unter starker Gelb- bis Braunfärbung findet nur oberflächlich statt, sie ist wie bei den photographischen Silbersalzen wahrscheinlich durch fein verteiltes Metall bedingt, das unter Stickstoffentwicklung bei Mercurosalz als feine Tröpfchen sichtbar wird.

Der Vortragende führte die Wirkung aller besprochenen Knallsalze durch Explosionen kleiner Mengen vor; wobei, wie der Vorsitzende im Schlußwort besonders betonte, die ruhige, vorsichtige und sichere Art des Experimentierens mit diesen gefährlichen Stoffen sehr bemerkenswert war.

717. Sitzung am 24. Juni 1910.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Engler. Anwesend 43 Mitglieder.

Der Vorsitzende begrüßte zunächst S. K. Hoheit den Großherzog, der erschienen war, dann hielt Herr Privatdozent Dr. Sieveking einen Vortrag über »Neuere Beobachtungen über die Radioaktivität der Badener Thermen«. Der Vortragende betonte in seiner Einleitung, daß die Radioaktivität der Quellen in physikalischer und medizinischer Hinsicht Interesse beansprucht. Ein Zusammenhang der Aktivität mit der bewährten Heilkraft besitzt eine gewisse Wahrscheinlichkeit, muß indes erst durch praktische Erfahrung bestätigt werden.

Dies ist eine Aufgabe der Ärzte, bei welcher die Beihilfe des Physikers und Chemikers wertvoll ist. Im Verlauf der Untersuchungen, die der Vortragende in Gemeinschaft mit Herrn Geheimerat Dr. Engler ausgeführt hat, und die eine Fortsetzung früher veröffentlichter Studien bilden, haben sich eine Reihe von neuen Gesichtspunkten ergeben. Zur Vermeidung von Verlusten in den Leitungen der Quellen und beim Einlauf in die Wannen sind bereits erprobte Vorsichtsmaßregeln anzuwenden; die Verluste sind gemessen und auch die Herabminderung teilweise nachgeprüft. Die lokalen Verhältnisse der verschiedenen Quellen, Austritt, Wassermenge und Temperatur bedingen die jeweiligen Maßnahmen. Weiter berichtete der Vortragende über Versuche, die mit den stark aktiven Badener Quellen, speziell der Bütt- und Murquelle, ausgeführt sind und das Eindringen der Emanation in die Körper, sowie die Ausscheidung behandelten. Es sind Luft-, Dampf- und Wannenbäder von hoher Konzentration genommen worden und dabei ist im wesentlichen die herrschende Anschauung bestätigt, daß der größte Teil der Radiumemanation durch die Atmungsorgane aufgenommen wird. Nur ein geringer Bruchteil dringt durch die Haut ein. Individuelle Verschiedenheiten der Versuchspersonen erschweren diese Messungen. Am besten gewinnt man Aufschluß über diese und ähnliche Fragen durch Anwendung künstlich aktiv gemachten Wassers; man kann die aus radiumhaltigen Erzen entweichende Emanation bis zu einem bestimmten Sättigungsgrade in Wasser lösen und gewinnt so sehr hoch-

konzentrierte Aktivität. Es wurde ein dazu geeigneter Apparat vorgeführt. Im großen wird in Bad Kreuznach der dort reichlich vorhandene Quellsinter zu gleichem Zweck verwendet. Es werden ferner aus demselben starke Präparate, sogenannte Radiolpräparate gewonnen, die in der mannigfaltigsten Form therapeutische Anwendung finden. Herr Apotheker Dr. Aschoff-Kreuznach hatte die große Freundlichkeit, solche Präparate, die großes Interesse beanspruchen dürfen, zur Verfügung zu stellen. Zum Schluß berichtete der Vortragende über die weiteren Aufgaben der Untersuchung und über die Ansichten, die über den mutmaßlichen Radiumvorrat der Erde, welcher viel größer ist, als ursprünglich angenommen, herrschen.

Nach dem Vortrag, an den sich eine lebhaft geführte Besprechung angeschlossen hatte, fand die satzungsgemäße Mitgliederversammlung statt. Aus den Berichten des Schriftführers und des Kassiers ergab sich ein sehr günstiger Stand über Mitgliederzahl — 266 — und Finanzen des Vereins. Am Schluß machte der 1. Vorsitzende, Herr Geheimerat Dr. Engler, der sein Amt seit 14 Jahren führt und dessen rastlosen Bemühungen die glänzende Entwicklung des Vereins in dieser Zeit zu verdanken ist, die Mitteilung, daß er sich mit Rücksicht auf die sonstige starke Inanspruchnahme seiner Arbeitskraft genötigt sehe, den Vorsitz niederzulegen; leider war er trotz allseitiger mehrfacher Bemühungen nicht zu bewegen, seinen Entschluß zu ändern. Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann wurde darauf zum 1. Vorsitzenden und zum weiteren Vorstandsmitglied wurde Herr Geh. Hofrat Dr. Haid gewählt.

Festschrift

zur

SILBERNEN HOCHZEIT

Ihrer Königlichen Hoheiten

des

Grossherzogs und der Grossherzogin.

Die ehemalige Saline Mosbach und deren Solquellen

von

H. Honsell.
Geh. Oberbergrat a. D.

Die Nachrichten über die Solquellen und die Saline in Mosbach reichen bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurück. Nach einer Angabe in »Kolbs Lexikon vom Großherzogtum Baden« ist die Solquelle bei Mosbach durch das »sich häufig eingefundene Wildpret« entdeckt worden. Hieraus ist zu schließen, daß das salzige Wasser an der vom Rehwild aufgesuchten Stelle aus dem Erdreich hervorgetreten ist und dies den Anlaß zum Bohren nach salzreicheren Quellen gegeben hat.

Von zwei unternommenen Bohrungen wurde die eine in dem »Wiesenschacht bei der Bohrmühl« in der Zeit vom 6. Dezember 1756 bis 28. Mai 1757 zunächst bis zur Tiefe von 187,2 Schuh durchgeführt, wobei in etwa 100 Schuh Tiefe Wasser mit 1 Grad (1 Grad = 1 Prozent) Salz und in 187 Schuh eine 1½grädige Sole erschlossen wurde. Der geringe Salzgehalt scheint jedoch nicht befriedigt zu haben; es wurde deshalb im Jahre 1761 vom 13. Januar bis 18. April in der Erwartung, dabei eine stärkere Sole zu finden, das Bohrloch tiefer geschlagen. Diese Arbeit ist ausgeführt worden von drei Bohrleuten und einem Kunststeiger namens Michael Bergner, der seinen im Bohrtagebuch gewissenhaft gemachten Aufzeichnungen folgenden Spruch voransetzte:

Laß Herr Jesu Deinen Segen
Auf uns fallen dick wie Regen.
Weil unser Werk geht Tag und Nacht,
Halt über uns stets Hut und Wacht.

Die Vertiefung des Bohrlochs bis zu 254 Schuh hatte indes nicht den erhofften Erfolg; das aus der Tiefe von 205 Schuh heraufgeholte Wasser enthielt gleichfalls nur 1½% Salz.

Das zweite Bohrloch ist in dem sogenannten Spitalschacht in der Nähe des Friedshofs niedergetrieben worden; die Bohrarbeit wurde am 26. Oktober 1756 angefangen und am 10. Oktober 1757 beendigt. Dabei ward in der Tiefe von 85 Schuh Wasser mit 1 % und in der Tiefe von 202 Schuh solches mit 1½ % Salzgehalt nachgewiesen. Die Gesamttiefe des Bohrlochs betrug 283,2 Schuh und soll nach dem Bohrberichte in dem unter 202 Schuh durchbohrten Gestein (wie allem Anscheine nach auch in dem ersterwähnten Bohrloche) kein Salzwasser mehr gefunden worden sein.

Für den Geologen ist es bemerkenswert, daß, wie aus den Aufzeichnungen im Bohrtagebuch unzweifelhaft hervorgeht, mit beiden Bohrungen das Salzwasser im Buntsandstein, und zwar sehr wahrscheinlich in dessen obererer Stufe angetroffen worden ist.

Zum Zwecke der Salzgewinnung aus der erbohrten Sole ist im Jahre 1762 ein Siedhaus nebst einem Gradierwerk erbaut worden; fünf Jahre später wurde die Anlage durch Erstellung eines zweiten Gradierhauses erweitert. Die von den Bohrlöchern gelieferte Sole scheint in der Regel nur 1 bis 1¼ % Salz und nur ausnahmsweise bei guter Sommerwitterung 1½ % Salz enthalten zu haben. Durch Gradierung wurde der Salzgehalt der Sole auf 21 bis 22 Grad gebracht.

Die Mosbacher Saline, deren Produktion unter den gegebenen Verhältnissen nur eine bescheidene sein konnte, führte den Namen »Elisabetha-Augustahalle«; sie war, wie aus den alten Akten zu entnehmen, mit den beiden anderen kurpfälzischen Salinen »Theodor- und Karlshall« in Kreuznach und »Philipphalle« in Dürkheim an die Firma F. Schmalz und Aaron Seligmann in Mannheim von 1782 ab auf 25 Jahre gegen einen jährlichen »Pfacht« von 110 000 Gulden verliehen. Während der Kriegszeit in den 1790er Jahren wurde der mit Schmalz und Seligmann abgeschlossene Vertrag unterbrochen; das linke Rheinufer und mit ihm die kurpfälzischen Salinen zu Dürkheim und Kreuznach waren an Frankreich übergegangen. Im Jahre 1799 hatte indes die genannte Firma die linksrheinischen Salinen im Steigerungswege wieder an sich gebracht, während ihr rechtsrheinisch nach wie vor die in jener Zeit allem Anscheine nach ganz heruntergekommene und unergiebig gewordene Saline Elisabetha-Augustahalle in Mosbach verblieben war. In einer an den Kurfürsten

gerichteten Eingabe vom 10. September 1801 suchen F. Schmalz und A. Seligmann wiederholt darum nach, daß ihnen die so nachteilige Saline in Mosbach abgenommen werde. Die Firma sah sich damals genötigt, zur Instandhaltung der Saline Bauholz anzuschaffen, wollte dies aber gerne unterlassen, weil »bekanntermaßen aller Verwand auf diese Saline wegen ihrer Ungiebigkeit verlorenes Geld sei«; sie bittet deshalb, »da sie für den Verlust nicht verantwortlich sein will«, in ihrer Eingabe dringend um Entschließung. Nach den Akten ist eine solche nicht erfolgt; der Vertrag scheint aber nicht lange nachher erloschen zu sein, als Mosbach im Jahre 1803 leiningisch geworden war (bis 1807, in welchem Jahre Mosbach an Baden kam). Jedenfalls war der Salinenbetrieb während der ersten Jahre des vorigen Jahrhunderts entweder ganz eingestellt oder doch nur sehr belanglos.

Im Jahre 1807 ist sodann die Saline Mosbach vom Fürsten von Leiningen dem Obristlieutenant von Traitteur, dem damaligen Beständer und späteren Eigentümer der Saline in Bruchsal als Erbzinsgut (Vertrag vom 18. August 1807) überlassen worden.

In welchem Zustande von Traitteur die Saline Mosbach übernommen hat, geht aus dem von ihm am 14. August 1809 erstatteten Berichte hervor, worin er unter anderem sagt: »Inzwischen habe ich, seitdem ich im Besitz der rudera des alten Werks und der Zubehörden zu Mosbach bin, nicht gesäumt, tätige Hand an die Herstellung der zugrunde gegangenen dortigen Salzbrunnen zu legen; zwei Brunnenschächte sind von Grund aus neu aufgebaut und mit einem Übergebäude bedeckt. Die Radstuben, die Wasserräder und das ganze Kunstwerk sind zum Aufschlagen fertig; auch sollen Siedepfannen aufgestellt werden, wenn die Salzquellen dem guten Anschein entsprechen; oder es wäre, falls die Mosbacher Quellen mißlingen sollten, an anderen Orten des Oberamtes Mosbach auf neue Quellen zu bohren«.

In einer an den Großherzog gerichteten Eingabe vom 2. Oktober 1815 bittet Obristlieutenant von Traitteur, das Werk in Mosbach von einer durch das Finanzministerium eingeführten neuen Gewerbesteuer freizulassen, denn »er habe, gestützt auf das allgemeine deutsche Bergrecht sowie auf jenes des pfälzischen Landes, das der Saline Mosbach seit 67 Jahren zustehe und durch besonderen Vertrag mit dem Fürsten von Leiningen garantiert

sei, die Wiederherstellung eines in Schutthaufen gelegenen Salinenwerks und das Aufsuchen ganz versiegter Quellen mit beträchtlichem Kostenaufwande zum Nutzen des Landes unternommen und dadurch eine neue Nahrungsquelle für die verarmten Untertanen des dortigen Bezirks geschaffen«. Auch machte von Traitteur dabei geltend, daß er sich fortwährend mit der Wiederherstellung der niedergestürzten Baulichkeiten, mit der Vollendung des Gradierhauses und sonstiger Einrichtungen beschäftigen und noch große Kosten hierfür aufwenden müsse, sowie daß auch die neu erschrotenen Quellen dem Eigentümer noch keine Aussicht gewähren.

Diese wenig günstige Schilderung des Unternehmens sollte wohl dem Zwecke der Eingabe dienen, die drohende Steuerlast abzuwenden. Im übrigen dürfte aus dem Inhalte der Eingabe hervorgehen, daß der Salinenbetrieb damals (i. J. 1815) wieder im Gange war, oder doch dessen Eröffnung unmittelbar bevorstand. Die Salzerzeugung scheint jedoch bis zu der gegen Mitte der 1820er Jahre erfolgten Auflassung der Saline auch für die damalige Zeit nicht sehr belangreich gewesen zu sein; in Kolbs Lexikon wird sie zu zirka 4000 Zentner jährlich angegeben.

Die in das Jahr 1823 fallende Inbetriebsetzung der badischen Staatssalinen in Rappenau und Dürrheim veranlaßte die Großherzogliche Regierung neben dem Rechte, den Alleinhandel mit Salz zu treiben, auch die ausschließliche Benützung der Salzvorkommnisse des Landes, also auch das Salzgewinnungsmonopol, auf Grund des Bergregals in Anspruch zu nehmen. Die Solförderung und Salzerzeugung in Mosbach wurde demzufolge von der Regierung untersagt. Am 17. Februar 1824 sind daraufhin drei zur Saline gehörige Solbrunnen amtlich versiegelt und derart verwahrt worden, daß ihnen durchaus keine Sole mehr entnommen werden konnte. Der vorhandene Vorrat an Kochsalz wurde für Rechnung des Staates übernommen. Außer Kochsalz fanden sich unter den Erzeugnissen auch 30 Zentner Glaubersalz (Natronsulfat) auf der Saline vor, was seine Erklärung in der an späterer Stelle mitgeteilten chemischen Zusammensetzung des Mosbacher Solwassers findet. Für den Verzicht auf den Betrieb der Saline Mosbach, deren Produktion nach einem Berichte des Direktoriums des Neckarkreises vom 20. Januar 1824 nur noch sehr unbedeutend war, erhielten die

Erben des Obristlieutenants von Traitteur eine Entschädigung von 12000 Gulden, von welcher Summe jedoch an den Fürsten von Leiningen als Obereigentümer 7000 Gulden auszuzahlen waren.

Nachdem die Gebäulichkeiten der Mosbacher Saline nunmehr seit etwa zwei Menschenaltern verschwunden sind und jede Spur der ehemals zur Solgewinnung getroffenen Veranstaltungen verwischt ist, auch niemand mehr die Stellen der Bohrbrunnen, die im Jahre 1824 amtlich geschlossen wurden, sicher anzugeben vermochte, hat in jüngster Zeit eine Mosbacher Gesellschaft (Genossenschaft m. b. H.) es unternommen, aufs neue nach dem Solwasser, das in der alten Saline zur Salzdarstellung verwendet wurde, zu bohren in der Absicht, es für Bade- und Trinkkuren nutzbar zu machen.

Die Gesellschaft ließ zunächst ein Bohrloch bei dem Grafschen Sägewerk ganz nahe an der Elz bis zur Tiefe von 98 Meter niederbringen. Nach Durchbohrung des Röts und der sogenannten Zwischenschichten des oberen Buntsandsteins ist das Salzwasser angeblich in der Tiefe von 80 bis 85 Meter, vermutlich in dem für Wasseransammlung geeigneten oberen Geröllhorizont, erschlossen worden. Der Auftrieb des Solwassers ist derart, daß der Wasserspiegel im Bohrloche in der Regel die Bohrlochsmündung nahezu erreicht, bisweilen aber infolge stärkeren hydrostatischen Druckes ungefähr in der Höhe des Bodens der Bohrhütte frei ausfließt. Das bis zur Bohrlochsmündung empordringende Solwasser ist infolge des Zutritts von Wildwasser sehr arm an Salz; Solwasser von annähernd der gleichen Beschaffenheit, wie das früher in der Saline zur Gradierung gelangte, kann aus dem Bohrloche nur mittelst einer bis in oder unter das Niveau der Sollquelle eingesetzten Pumpe gewonnen werden. Daß das salzige bezw. salzreichere Wasser erst in einer gewissen Tiefe aus den Buntsandsteinschichten hervortritt, ist, wie aus den Akten hervorgeht, schon bei den früheren Bohrungen festgestellt worden und mußten schon damals, um eine $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ grädige Sole zu erhalten, zur Absperrung des in den oberen Schichten vorhandenen Grundwassers Röhren bis zur Tiefe von 170 Schuh in das Bohrloch eingesetzt werden. Die Tiefe, aus welcher das Solwasser in dem Bohrloche beim Grafschen Sägewerk aufsteigt, ist leider nicht genau ermittelt worden, da erst, nachdem das Bohrloch bis in die Tiefe von 85 Meter gestoßen war, das

Wasser auf seinen Salzgehalt untersucht wurde. Bei den Pumpversuchen hat sich bis jetzt ergeben, daß täglich etwa 7000 Liter Solwasser in der gedachten Beschaffenheit aus der Tiefe des Bohrlochs gefördert werden können.

Eine zweite Bohrung wurde etwa 300 Meter südöstlich vom ersten Bohrloche neben der Straße nach Neckarburken an einer Stelle angesetzt, die 5,30 Meter höher liegt als der Ansatzpunkt der ersten Bohrung; hier wurden — nach den Feststellungen des Herrn Bergrat Dr. Thürach —, bevor man in den Buntsandstein (die Röttone) einschlug, zunächst zirka drei Meter Diluvium und darunter Wellendolomitschichten in einer Gesamtmächtigkeit von 12 Meter durchsunken. In diesem Bohrloche das bis jetzt auf eine Tiefe von 160 Meter niedergebracht ist, soll sich salziges Wasser schon bei 60 bis 70 Meter Tiefe gezeigt haben. Der Grundwasserspiegel im Bohrloche liegt nach der Angabe des Herrn Bürgermeister Renz in Mosbach 5,30 Meter unter der Oberfläche, also im Niveau der Mündung des ersten Bohrloches. Während der Ausführung der Bohrung sind aus der Tiefe von 135 bis 160 Meter (bei 135, 139, 147, 154 und 160 Meter) Wasserproben entnommen und von Herrn Apotheker R. Küster in Mosbach auf ihren Gehalt an Chloriden und Sulfaten geprüft worden; hiernach schwankte der Gehalt an Kochsalz zwischen 0,54 bis 1,102 % und jener an Sulfaten zwischen 0,11 und 0,30 %, und zwar derart, daß der Gehalt an diesen Salzen bis 147 Meter Tiefe zu-, von da an bis 160 Meter Tiefe aber wieder abnahm. Eine vollständige Analyse des Wassers des zweiten Bohrloches ist bis jetzt nicht gefertigt worden; es ist aber nicht wohl anzunehmen, daß es sich hinsichtlich der Art und Menge der darin gelösten Stoffe wesentlich unterscheidet von dem mit der ersten Bohrung erschlossenen Wasser, das in der Beschaffenheit, wie es mit der Pumpe herausgefördert wird, einer genauen chemischen Untersuchung unterzogen worden ist. Nach dieser im Laboratorium des Herrn Professors Dr. Dittrich in Heidelberg ausgeführten chemischen Analyse, deren Ergebnis auch für die Frage der Herkunft des Wassers wichtig ist, entspricht das eine Temperatur von 12,7 Grad Celsius aufweisende Solwasser des bei der Grafschen Mühle niedergetriebenen Bohrlochs in seiner Zusammensetzung einer Lösung, die in 1000 Gramm enthält:

Natriumchlorid	10,56557
Kaliumchlorid	0,01051
Lithiumchlorid	0,00023
Ammoniumchlorid	0,00159
Natriumbromid	0,00543
Natriumsulfat	1,85476
Kalziumsulfat	1,01189
Magnesiumsulfat	0,23308
Strontiumsulfat	0,00784
Magnesiumhydrokarbonat . . .	0,09752
Ferrohydrokarbonat	0,00140
Kieselsäure	0,00530
Zusammen	13,79512

fester Bestandteile.

Das Vorkommen eines kochsalzhaltigen Mineralwassers im Buntsandstein bei Mosbach ist insofern eine auffallende Erscheinung, als in Baden und Württemberg die triadischen Salzablagerungen in der Regel nur im mittleren Muschelkalk — der sogenannten Anhydritgruppe — auftreten und das Wasser in den Abflußgebieten des Buntsandsteins sich dadurch auszeichnet, daß es äußerst arm an mineralischen Stoffen ist und keine oder nur ganz minimale Mengen von Chloriden enthält. Es liegt deshalb sehr nahe, daran zu denken, es könnte das Salzwasser aus dem mittleren Muschelkalk in den Buntsandstein eingedrungen sein, nachdem es dort durch Auslaugung seine mineralischen Bestandteile, die die Anhydritgruppe zumeist in mehr oder minder reichlicher Menge darbietet, aufgenommen hat. Nachstehende Überlegungen dürften indes ergeben, daß eine solche Anschauung nicht wohl aufrecht zu erhalten ist.

Das aus der Anhydritgruppe niedersinkende Wasser müßte, um in den Buntsandstein zu gelangen, zuvor die Schichten der unteren Abteilung des Muschelkalks — den Wellenkalk — durchwandern, der nordöstlich von Mosbach an den links- und rechtsseitigen Gehängen des hier 600 bis 800 Meter breiten Elztales den Röt überlagert und weiter gegen Nordosten eine beträchtliche Verbreitung besitzt. Beim Durchsickern oder Durchfließen des Wellenkalks hätte das Wasser mehr oder weniger kohlensauren Kalk aufnehmen müssen. Wie obige Analyse dartut,

enthält das Wasser wohl in kleinen Mengen Karbonate von Magnesium und Eisen, aber keine Spur von Kalziumkarbonat sondern von Kalkverbindungen lediglich Kalziumsulfat.

Von besonderem Interesse in dieser Hinsicht ist die Natur der Mergentheimer Mineralquelle (Karlsquelle), welche im wesentlichen die gleichen Chloride und Sulfate enthält, wie das Mosbacher Solwasser. Inhaltlich der Oberamtsbeschreibung von Mergentheim wurde das Mineralwasser daselbst im Jahre 1826 durch Schafe entdeckt, die sich an eine fast im Niveau des Tauberspiegels aus einem ockerbraunen Geröll hervorrieselnde Schwitzquelle drängten. Bei der zur Untersuchung der Quelle außerhalb des Bereichs der Tauber ausgeführten Schachtarbeit hatte man die Erfahrung gemacht, daß schon im Wellenkalk fast mit jedem Fuß Tiefe das Wasser an Menge und Mineralgehalt zunahm, und daß, als in einer Tiefe von 15 Fuß der dünnblätterige Wellenkalk durchbrochen wurde, aus den darunter liegenden Schichten von grünlich-grauem zum Buntsandstein gehörigen Schieferton mit Schnüren und Knollen von Gips das Mineralwasser aus Klüften reichlich und mit größter Stärke hervorbrach. Diese an der Formationsgrenze zwischen Muschelkalk und Buntsandstein gelegene Schicht galt es am Fuße des Löffelstelzer Berges, etwa 300 Schritte von der ursprünglichen Quelle entfernt, mit einem Bohrloche zu erreichen, was dann auch mit überraschendem Erfolge gelang. Aus der Tiefe von 65 Fuß = 18,5 Meter drang aus dem Bohrloche das Mineralwasser in reichlicher Menge hervor und konnte durch eine geeignete Fassung zum Abfließen gebracht werden. Nach der im Jahre 1906 von Fresenius ausgeführten und in der von der Kurverwaltung herausgegebenen Beschreibung des Bades Mergentheim veröffentlichten Analyse sind in 1000 Gewichtsteilen der Mergentheimer Karlsquelle enthalten:

Chlornatrium	11,644124
Chlorkalium	0,376193
Chlorlithium	0,009046
Chlorammonium	0,005664
Bromnatrium	0,008308
Jodnatrium	0,000373
Zu übertragen	12,043708

Übertrag	12,043708
Schwefelsaures Natron	3,345013
Schwefelsaurer Kalk	0,907396
Schwefelsaure Magnesia	2,262723
Schwefelsaurer Strontian	0,078762
Schwefelsaurer Baryt	0,000988
Doppeltkohlensaurer Kalk . .	1,645187
Doppeltkohlensaures Eisenoxydul .	0,014655
Doppeltkohlensaures Manganoxydul	0,001156
Borsaurer Kalk	0,006521
Phosphorsaurer Kalk	0,000144
Kieselsäure	0,026110
Zusammen	20,332363

Außerdem führt das Wasser, dessen Temperatur 9,8 Grad Celsius beträgt, 1,053048 Teile freier Kohlensäure.

Das Hervortreten des Mergentheimer Mineralwassers im Liegenden des Wellenkalks, sein Gehalt an kohlensaurem Kalk, sowie seine von der mittleren Jahrestemperatur Mergentheims nur unerheblich abweichende Temperatur sprechen dafür, daß dieses Wasser seine salzigen Bestandteile dem mittleren Muschelkalk entnimmt und von da durch den Wellenkalk bis zu den undurchlässigen Schichten des oberen Buntsandsteins hinabsickert.

Die Annahme eines gleichen Vorgangs für das in Mosbach erbohrte Mineralwasser erscheint, abgesehen davon, daß dieses Wasser keinen an Kohlensäure gebundenen Kalk enthält, schon aus dem Grunde nicht wohl zulässig, weil es sich nicht auf der Formationsgrenze ansammelt, sondern erst in den die undurchlässigen Tone und Letten des Röt unterlagernden Schichten in das Bohrloch eintritt. Da zudem die Temperatur des Mosbacher Solwassers im Betrage von 12,7 Grad Celsius der geothermischen Teufenstufe von etwa 100 Meter entspricht und es auch unwahrscheinlich ist, daß das Wasser auf Verwerfungsspalten aus dem Muschelkalk in den Buntsandstein geleitet wird, so wird man zu der Auffassung gedrängt, daß die mineralischen Bestandteile des Mosbacher Solwassers Auslaugeprodukte des oberen Buntsandsteins sind, an dessen Zusammensetzung bekanntlich auch marine Ablagerungen teilnehmen.

In anderen Gebieten Deutschlands ist indes das Vorkommen von Salz im Buntsandstein gerade keine Seltenheit. So sind Solquellen bekannt bei Schöningen in Braunschweig, in Heinrichshall bei Gera, in Liebenhalle bei Salzgitter, in Sülbeck (zwischen Harz und Hildesheim) und bei Arnstadt in Schwarzburg-Sondershausen, an welch letztgenanntem Orte in den 1890er Jahren durch Bohrungen auch ein etwa 12 Meter mächtiges Steinsalzlager mit kalihaltigen Nestern und Lagen nachgewiesen wurde. Und wenn wir uns in unserem Lande selbst umsehen, so dürfte der bei Mosbach sich darbietende Einschluß salinischer Substanzen im Buntsandstein auch in Baden nicht ganz vereinzelt dastehen.

In den Erläuterungen zur geologischen Karte — Blatt Donaueschingen — teilt Landesgeologe Dr. Schalch mit, daß im Bruggenwald (Amt Donaueschingen) schwache feinkörnige Schichten des oberen Buntsandsteins ausgezeichnete Kochsalzpseudomorphosen führen.

Ferner spricht sich Karl Koch in den von G. Leonhard herausgegebenen Beiträgen zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis des Großherzogtums Baden (1854, Heft III, S. 93) dahin aus, daß der Salzgehalt einer im Jahre 1822 am Hünerberg bei Haßmersheim erbohrten starken artesischen Quelle lediglich aus »dem bunten Schieferletten« zu kommen scheine. Diese Bohrung wurde in dem daselbst in sehr beträchtlicher Mächtigkeit vorhandenen Gipslager des mittleren Muschelkalks angesetzt. Schon an dessen unterer Grenze in der Tiefe von 125 bis 130 Fuß zeigte sich (laut Bohrbericht) eine aufsteigende Quelle mit einem Salzgehalt von 2 ½ %, der bei fortschreitender Bohrung im Wellenkalk zunahm und in der Tiefe von 167 bis 170 Fuß auf 6 % anstieg, dann aber — vermutlich infolge Süßwasserzuflusses — bei der Bohrlochstiefe von 180 bis 195 Fuß auf 5 ½ % und bei 206,5 Fuß auf 4 ½ % zurückging. In der Tiefe von zirka 355 Fuß wurde dunkelroter Ton, also die obere Grenze des Buntsandsteins, erreicht, in welchem die Bohrung fortgesetzt und bei 535,8 Fuß eingestellt worden ist. Bei der Durchbohrung der Buntsandsteinschichten in der Tiefe von 436 bis etwa 500 Fuß trat ein erneuter starker Auftrieb des Solwassers ein, dessen Salzgehalt bei einer amtlichen Besichtigung des Bohrunternehmens, als die Bohrung die Tiefe von 436,3 Fuß erreicht hatte, zu 6 ¼ % festgestellt wurde. Für die Tiefe von

436 bis 535,8 Fuß sind im Bohrtagebuch Angaben über die Beschaffenheit des durchstoßenen Gesteins nicht mehr enthalten, was vielleicht, wie auch aus einer allerdings wieder gestrichenen Fußbemerkung im Bohrtagebuch zu schließen sein dürfte, damit zu erklären ist, daß infolge des starken Auftriebs des artesischen Wassers kein Bohrschmand mehr ausgelöffelt werden konnte.

Wenn nun auch Solwasser schon im Hangenden des Wellenkalks und in diesem selbst mit einem Salzgehalt von 2 ½ bis 6 % zum Vorschein gekommen und frei aufgestiegen ist, so kann doch der Salzgehalt des Wassers, welches nach der Erschrotung der starken artesischen Quelle in der Tiefe von 436,3 Fuß empordrang und dessen Auftrieb nach den Aufzeichnungen im Bohrtagebuch sich bei fortschreitender Bohrung noch steigerte, nicht, jedenfalls aber nicht ausschließlich aus dem mittleren Muschelkalk herrühren, zumal da der Salzgehalt des vor der Erbohrung des Buntsandsteins erschlossenen Wassers auf 4,5 % zurückgegangen war. Man wird deshalb die Herkunft des 6 ¼ % betragenden Salzgehalts des nach Erschließung der artesischen Quelle im Buntsandstein an der Bohrlochmündung ausgetretenen Wassers, wenn vielleicht auch nicht lediglich, wie C. Koch meint, so doch wohl großenteils im Buntsandstein zu suchen haben, in welchem, wie aus dem Bohrbericht zu ersehen, in beträchtlicher Menge auch Zwischenlagen von Gips angetroffen wurden.

Zieht man endlich noch das von F. X. Stocker in seinem 1847 herausgegebenen Schriftchen über den Gipsbergbau und die Steinsalzbohrung bei Haßmersheim erwähnte Vorkommen von salzigem Wasser im Buntsandstein bei Weisbach (etwa drei Stunden nordöstlich von Mosbach) in den Kreis dieser Betrachtungen, so wird man kaum fehlgehen, wenn man annimmt, daß auch das Mosbacher Mineralwasser seine salinischen Bestandteile den marinen Ablagerungen in der oberen Region des Buntsandsteins zu verdanken hat.

Keineswegs aber kann — nach meinem Dafürhalten — der Salzgehalt des Mosbacher Solwassers auf eine Zufuhr von unten aus dem Zechstein zurückgeführt werden. Eine Rekonstruktion der Küsten des ehemaligen Zechsteinmeeres, aus dem sich die ungeheuren Steinsalzmassen und die Kalisalzlager in Norddeutschland abgesetzt haben, läßt zwar erkennen, daß die Gegend von Mosbach noch in den Bereich der südlichen Randzone dieses

Meeres fällt; nach den in der Umgegend von Heidelberg zur Erschürfung von Manganerzen gemachten zahlreichen Aufschlüssen besitzt aber der Zechstein in dem genannten Gebiete nur eine geringe Mächtigkeit und es fehlen darin Salzvorkommnisse gänzlich. Aber selbst wenn letzteres in der weiter östlich von Heidelberg gelegenen Gegend nicht der Fall wäre, so spräche die Temperatur des Mosbacher Solwassers gegen ein Aufsteigen desselben aus dem Zechstein, der bei Mosbach, wenn überhaupt vorhanden, nach dem Normalprofil des Buntsandsteins von Andreae mindestens 350 Meter unter der Oberfläche liegen würde und deshalb die Temperatur des aus einer solchen Tiefe aufsteigenden Wassers nicht 12,7 Grad Celsius, sondern etwa 20 Grad Celsius betragen müßte.

Schließlich soll hier nicht unerwähnt bleiben die von Herrn Bergrat Dr. A. Steuer in dem Notizblatt des Vereins für Erdkunde in Darmstadt (IV. Folge, 27. Heft) gemachte Mitteilung über ein im Zechsteindolomit bei Eberbach erbohrtes Wasser, das wegen seines Gehalts an Sulfaten und Chloriden, darunter 0,1016 % Chlornatrium, als »ein verdünntes Mineralwasser« anzusehen ist. Wie Steuer zutreffend bemerkt, ist der relativ hohe Kochsalzgehalt dieses Wassers geologisch schwer zu erklären, da im Zechstein des Odenwaldgebiets noch nie Salz beobachtet wurde und auch die Herkunft des Salzgehalts aus den Schichten des mittleren Muschelkalks, die mit Salzvorkommnissen erst in bedeutender Entfernung anstehen, schwer festzustellen ist. Steuer glaubt deshalb in Anlehnung an neuere Theorien noch auf die Möglichkeit einer Verbindung nach der Tiefe — nach dem Eruptionsherd des Katzenbuckels — also auf die Möglichkeit eines juvenilen Charakters des Wassers hinweisen zu sollen.

Ob nicht auch der Kochsalzgehalt dieses Wassers dem bei Eberbach in bedeutender Ausdehnung und Mächtigkeit entwickelten Buntsandstein entnommen ist, mag dahin gestellt sein; unwahrscheinlich ist dies gerade nicht. Jedenfalls aber darf nach dem oben Ausgeführten mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß in der unteren Neckargegend stellenweise salinisches Mineralwasser vorkommt, dessen Salzgehalt aus dem Buntsandstein, und zwar, wie bereits bemerkt, aus dem marinen Horizont dieser Formation stammt.

Nach den bisherigen Beobachtungen führt indes das im Buntsandstein der genannten Örtlichkeiten auftretende Solwasser Kochsalz nur in spärlicher Menge und kann sich der heutige Salinist nicht leicht in eine Zeit zurückdenken, in der ein nur 1 bis 1 $^1/_2$ % Chlornatrium haltendes Wasser Gegenstand der Salzerzeugung war und es lohnend erschien, die hierzu erforderlichen technischen Veranstaltungen zu treffen. Und doch ist dies seinerzeit, wie an anderen Orten, so auch in Mosbach geschehen und war die daselbst erbaute Saline bei einer Jahresproduktion von zirka 200 Tonnen Kochsalz noch vor 80 bis 90 Jahren im Betriebe. Freilich waren zur Zeit der Errichtung der alten Gradiersalinen die in Deutschland weit verbreiteten und zum Teil in ganz außerordentlicher Mächtigkeit entwickelten Salzlager noch nicht erschlossen; man war deshalb darauf angewiesen, selbst sehr arme Solen zu benützen, um aus ihnen das Kochsalz, diesen wichtigsten und unentbehrlichen Zusatz zur menschlichen Nahrung, auszuscheiden.

Welchen Umfang seit jener Zeit die Salzerzeugung Deutschlands angenommen hat, sagt uns die Statistik des Deutschen Reichs; hiernach betrug im Jahre 1897 die Salzproduktion der deutschen Salinen und Steinsalzwerke (ohne die Kalisalze) 665 547 Tonnen Siedesalz und 1 285 138 Tonnen Steinsalz mit einem Gesamtwert von 22 468 000 Mark. Diese Zahlen lassen erkennen, daß an dem großartigen neuzeitlichen Aufschwunge der deutschen Montanindustrie auch der Salzbergbau und das Salinengewerbe in sehr bedeutendem Maße beteiligt sind.

Die Nutzbarmachung des Stickstoffs.

Von

Prof. Dr. F. Haber

Direktor des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule »Fridericiana«.

Es existiert in der Welt ein außerordentlicher Bedarf an gebundenem Stickstoff, größtenteils für die Zwecke der Landwirtschaft, zum erheblich kleineren Teile für die Zwecke der Sprengstoffindustrie und der chemischen Industrie. Dieser Bedarf konnte bis vor kurzem ausschließlich befriedigt werden durch den Abbau des Salpeterlagers in der chilenischen Wüste und durch die Gewinnung des Ammoniaks aus der Kohle. Die Kohle enthält im allgemeinen rund 1% gebundenen Stickstoff. Man gewinnt aus dem Kilo rund 10 g schwefelsaures Ammonium, entsprechend 2 g gebundenem Stickstoff. Dieser Betrag ist so klein, daß man die Kohle nicht nur um seinetwillen verkoken kann. Er läßt sich erhöhen, wenn man statt auf Koks, auf Kraftgas arbeitet. Dabei erreicht man, nach dem sogenannten Mondschen Verfahren, daß ca. 70% vom Stickstoff der Kohle als Ammoniak gewonnen werden. Aber auch unter diesen günstigen Verhältnissen hängt die Wirtschaftlichkeit des Prozesses immer an der Verwendbarkeit der anderen Produkte. Man ist also außerstande, auf diesem Wege dem Bedarf an gebundenem Stickstoff frei zu folgen. Hinsichtlich des Salpeters besteht das eigenartige Verhältnis, daß trotz gewaltiger Verbreitung kleiner Mengen in der Natur ein abbaufähiges Lager von genügender Bedeutung sich nirgends anders als in der chilenischen Wüste hat finden lassen. Das chilenische Lager ist sehr ausgedehnt, und die verschiedenen Teile unterscheiden sich erheblich hinsichtlich der Mühen und Kosten, die mit der Aufarbeitung verknüpft sind. Ein vollkommen klares Bild über die Größe des Vorrates in Chile fehlt. Die chilenische Regierung, deren Staatseinnahmen zum größeren Teil aus dem Ausfuhrzoll für Salpeter stammen, gibt an, daß noch für Hunderte von Jahren Salpetervorräte im Lande vorhanden sind. Ob

aber die Gewinnung und Ausfuhr bei dem rasch wachsenden Bedarf zu den bisherigen Preisen oder doch ohne nennenswerte Preiserhöhung auch nur für einige Jahrzehnte gesichert ist, kann nach unseren Nachrichten nicht als sicher gelten. In diesen Verhältnissen liegt begründet, daß die Chemie versuchen muß, zu einer technischen Überführung des freien Stickstoffs in den gebundenen Stickstoff zu gelangen. Das Verlockende der Aufgabe liegt in der gewaltigen Größe des vorhandenen Bedarfs an gebundenem Stickstoff, welcher durch folgende Tabelle verdeutlicht wird[1]:

Salpeterausfuhr aus Chile.

Jahr 1880		226 000 t
» 1890		1 065 000 t
» 1900		1 460 000 t
» 1905		1 630 000 t
» 1909	ca.	2 000 000 t

An dem Verbrauch dieses gewaltigen Salpeterquantums ist Deutschland mit fast $^1/_3$ der Gesamtmenge beteiligt. In derselben Größenordnnng bewegt sich der deutsche Verbrauch an Ammonsulfat, der von 79 000 Tonnen im Jahre 1895 auf rund 330 000 Tonnen im laufenden Jahre angewachsen ist.

Das Rohmaterial für eine Industrie, welche den gebundenen Stickstoff aus dem freien Stickstoff darzustellen strebt, ist in ungeheurem Umfange verfügbar. Es genügt, auf den Luftstickstoff hinzuweisen, dessen Maße $4 \cdot 10^{18}$ kg beträgt. Der Luftstickstoff ist im Gemenge mit Sauerstoff als unsere gewöhnliche Luft bekanntlich jedermanns Gut, und er ist mit sehr geringen Kosten, sei es auf chemischem Wege, sei es auf physikalischem Wege, vom Sauerstoff zu trennen. Man kann die Luft über glühendes Kupfer leiten und dadurch vom Sauerstoff befreien und das Kupfer hernach durch Kohlengase wieder regenerieren. Auf diesem Wege gewinnt man das Kilo reinen Stickstoff etwa zum Preise von 3 Pf. Zu demselben Preise läßt sich durch Verflüssigung und fraktionierte Destillation der Luft der Stickstoff aus ihr erhalten. Vergleichen wir damit den Wert des Salpeters und den des Ammoniumsulfats, in denen nur der gebundene Stickstoff preisbildend ist, so finden wir folgende Zahlen:

---

1 Das Zeichen t bedeutet metrische Tonnen à 1000 Kilogramm (kg).

Luftstickstoff (sauerstofffrei)	pro kg	0.03	M.
Salpeterstickstoff	» »	1.20	»
Ammoniumsulfatstickstoff	» »	1.05	»

Der reine Assimilationswert des Stickstoffs beträgt also über 1 M. pro Kilo. Die höhere Bewertung des Salpeterstickstoffs beruht auf landwirtschaftlichen Vorzügen desselben.

An der Hand dieser Zahlen übersieht man leicht, daß der jährliche Verbrauch an gebundenem Stickstoff im Betrage von einer halben Million Tonnen einen Aufwand von mehr als einer halben Milliarde Mark nötig macht.

Dieser Aufwand steigt von Jahr zu Jahr durch die zunehmende Intensität der Bodenkultur, ohne daß ein Ende des Bedarfes irgend abzusehen wäre.

Dem Versuch, auf industriellem Wege die Assimilation des Stickstoffes zu erzielen, bietet die Natur Vorbilder. Die Lebenstätigkeit niederer Organismen verwandelt fortdauernd freien Stickstoff in gebundenen. Am bekanntesten und wichtigsten sind die Bakterien, welche an den Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblüter ihren Sitz haben. Ihre Tätigkeit ist es, welche den Landwirt schon in alten Zeiten veranlaßt hat, zur Erholung des Bodens bei der Fruchtfolge zeitweilig eine Bestellung mit solchen Pflanzen, insbesondere Lupinen vorzunehmen. Diesem Vorbilde der organisierten Natur zu folgen, ist die Chemie vorerst nicht imstande. Aber die anorganische Welt bietet einen leicht nachahmbaren Prozeß, der im größten Umfange in ihr sich abspielt. Es entstehen nämlich durch elektrische Entladungen in der Luft Stickstoffverbindungen in einem Umfange, der zur Folge hat, daß auf den Quadratmeter Erdfläche jährlich ein Durchschnittsquantum von mehreren Zehntel Gramm gebundenen Stickstoffs mit dem Regen niedergeht. Dies bedeutet, da die Erdfläche $5 \cdot 10^{14}$ qm mißt, daß ein Betrag von mehr als 10^8 t an gebundenem Stickstoff dem Boden durch die Natur jährlich zugeführt wird. Unser Bedarf an Salpeter und Ammoniumsulfat entspricht nach den vorher gegebenen Zahlen ungefähr $5 \cdot 10^5$ t gebundenen Stickstoffs pro Jahr. Wenn wir imstande wären, von dem jährlichen Naturerzeugnis einige Promille zu konzentrieren und auf die Ackerflächen zu leiten, denen wir den Stickstoff in gebundener Form zuzuführen wünschen, so würde unserem Bedürfnis genügt sein. Aber der in der Natur entstehende gebundene Stickstoff

ist für uns wertlos um desselben wirtschaftlichen Gesetzes willen, welches das Gold im Meerwasser seines Wertes entkleidet, obgleich im Meerwasser der größte Goldreichtum ruht, den wir kennen. Man hat berechnet, daß jeder lebende Mensch ein zwölffacher Millionär werden würde, wenn man das im Meerwasser vorhandene Gold gleichmäßig unter alle Menschen austeilen könnte. Die große Verdünnung aber, in der es vorliegt, bedingt, daß mit der Gewinnung sich Kosten verknüpfen, die den Wert übersteigen. Der Wert eines Produktes wird volkswirtschaftlich nicht nur durch seine Masse, sondern auch durch deren Konzentration bestimmt, die beim Gold im Meer, wie bei den nitrosen Produkten in der Luft, für die wirtschaftliche Gewinnung bei weitem zu gering ist.

Die Nachahmung des geschilderten Naturvorbildes ist nur dann wirtschaftlich erfolgreich, wenn sie drei Bedingungen erfüllt.

Es muß 1. das erzeugte Quantum an gebundenem Stickstoff für die Einheit der aufgewandten elektrischen Energie einen gewissen erheblichen Betrag erreichen;

es muß 2. die Konzentration der erzeugten gasförmigen Stickstoff-Sauerstoffverbindungen einigermaßen erheblich sein, und

es muß 3. die Anordnung des elektrischen Entladungsapparates so getroffen sein, daß ein großes Energie- und Luftquantum mit einem einzelnen, vergleichweise einfachen Apparat bewältigt werden kann.

Die übliche Einheit des elektrischen Energieverbrauches ist die Kilowatt(KW)-Stunde, welche aus unseren städtischen Leitungsnetzen für Beleuchtungszwecke üblicherweise mit annähernd 0.50 M. an Kleinkonsumenten abgegeben wird. Bei Selbsterzeugung aus Kohle in Anlagen, deren Belastung Tag und Nacht die gleiche ist, stellt sich die KW-Stunde mit Kohle als Kraftquelle in Mannheim auf $3^1/_2$ Pf. Wo die Kohle im Tagbau unmittelbar neben der Fabrik gewonnen wird, sinkt der Preis in Deutschland bis auf $2^1/_2$ Pf. Damit scheint eine untere Grenze zurzeit gegeben zu sein. Diese Ziffern beziehen sich auf die Verwendung der Kohle unter dem Dampfkessel. Wird die Kohle nach dem Mondschen Verfahren, dessen eingangs gedacht wurde, unter Ammoniakgewinnung vergast und das Kraftgas im Explosionsmotor verwertet, so kommt man unter günstigen Verhältnissen bis auf die Hälfte der genannten Kraftkosten hinab. Indessen

ist diesem Vorgehen vielfach hinderlich, daß Explosionsmotoren höchstens für 3000 Pferdestärken gebaut werden, so daß die Anzahl der Einheiten für eine Großkraftanlage zu erheblich wird. Der Preis von $2^1/_2$ Pf. für die KW-Stunde oder — um uns einer geläufigen technischen Einheit für je 8400 KW-Stunden zu bedienen — der Preis von 210 M. für das KW-Jahr, erlaubt die Herstellung gebundenen Stickstoffs aus der Luft durch elektrische Entladungen nicht. Denn das Quantum an gebundenem Stickstoff, welches mit dem KW-Jahr erzeugt wird, überschreitet bisher nicht 140 kg, die nach den früher gegebenen Zahlen nicht über 168 M. bewertet werden können. Auch bei dem halben Kraftpreise bleibt dieses Verfahren unwirtschaftlich.

Infolgedessen ist die Industrie dieses Gebietes auf die Verwendung billiger Wasserkraft verwiesen, die in Deutschland nur in sehr beschränktem Maße zu finden ist. In den Alpenländern und vorzüglich iu Norwegen sind solche Kräfte in erheblicherer Zahl und Größe vorhanden. Der Preis des KW-Jahres sinkt an solchen Stellen auf 20 M., ja wohl noch auf niedrigere Beträge. Indessen darf man auf die niedrigsten Zahlen kein Gewicht legen, weil sie für Orte gelten, die schwer zugänglich sind, und an denen eine größere Industrie nur betrieben werden kann, wenn für Transportzwecke große Aufwendungen gemacht werden, die beim Vergleiche mit unseren Verhältnissen sinngemäß mit den Kraftkosten zusammengefaßt werden. Bei dieser Betrachtungsart kann man wohl sagen, daß man auf 30—40 M. für die KW-Stunde bei günstigen Wasserkraftverhältnissen herabkommt.

Die Zahlen für die Leistungen der einzelnen Werke werden in der Regel nicht nach Kilogramm gebundenen Stickstoffs pro KW-Stunde oder KW-Jahr angegeben, sondern nach Kilogramm Salpetersäure, wobei der Angabe die Vorstellung zugrunde gelegt wird, daß die gesamte Masse der erzeugten nitrosen Produkte als reine 100%ige Salpetersäure zur Bestimmung gelangt. Die so gefaßten Angaben bewegen sich zwischen 50 und 75 g pro KW-Stunde, entsprechend 500 bis 630 kg pro KW-Jahr. Darüber hinausgehende Angaben haben sich anscheinend an keiner Stelle bestätigt. Wie man sieht, liegen die Zahlen so nahe beieinander, daß der Leistungsunterschied der Verfahren leicht durch den Unterschied der Kraftkosten an den verschiedenen Ausführungsorten ausgeglichen, ja überkompensiert wird.

Was den zweiten Punkt anlangt, nämlich die Konzentration der gasförmigen Produkte, die bei der Einwirkung der elektrischen Entladung entstehen, so handelt es sich bei allen technischen Formen um Stickoxyd als erstes faßbares Produkt. Alle technischen Formen der Erzeugung nitroser Produkte bedienen sich nämlich des Lichtbogens wegen der zu dritt erwähnten Notwendigkeit, große Energiequanten in verhältnismäßig kleinen Apparaten zu verwerten, und die Lichtbogentemperatur ist so hoch, daß von den Verbindungsstufen des Stickstoffes mit dem Sauerstoff nur NO in faßbarer Form erhalten wird. Die höchste Konzentration, die das Stickoxyd in den technischen Betrieben erreicht, beträgt, nach den veröffentlichten Angaben zu schließen, 2,5%, höhere Konzentrationen waren bisher nur mit Verminderung der Ausbeute zu erkaufen. Die Unterschiede der einzelnen Verfahren hinsichtlich der Stickstoffoxydkonzentrationen sind größer als diejenigen hinsichtlich des gewonnenen Quantums für die Einheit der aufgewandten Energie. Man arbeitet praktisch wohl in dem Bereiche von 1% bis 2,5% NO. Nach den darüber bekannt gewordenen Daten steht das Schönherrsche Verfahren, welches die Badische Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen in ihren norwegischen Anlagen betreibt, sowohl hinsichtlich der Konzentration als hinsichtlich der Ausbeute an der Spitze.

Die Industrie des Luftsalpeters, wie man die Erzeugung von Nitraten mit Hilfe elektrischer Entladungen zu nennen pflegt, hat nach allem Anschein eine gesicherte Stelle im Rahmen unserer Technik erworben. Freilich wird man nicht hoffen dürfen, mit ihrer Hilfe in absehbarer Zeit von den chilenischen Salpeterlagern unabhängig zu werden. Es bedürfte rund 5 Millionen Pferdekräfte, um bei dem Ausbringen von 140 kg gebundenen Stickstoffs pro Kilowattjahr den derzeitigen Weltbedarf zu decken. Die Aussicht, dieses Ausbringen zu vervielfältigen oder auch nur zu verdoppeln, erscheint nach zahlreichen einschlägigen Versuchen sehr gering und die Anzahl der Pferdekräfte, die in wirtschaftlich erschlossenen Ländern so billig beschafft werden können, wie es dieser Prozeß erfordert, bleibt, soviel sich erkennen läßt, hinter der Zahl von 5 Millionen sehr weit zurück. Es würde eine glänzende Entwicklung dieses Industriezweiges bedeuten, wenn in den nächsten Jahren ein Zehntel dieses Kraftquantums in ihren Dienst gestellt würde. Wenn wir uns aber selbst vor-

stellen, daß nicht nur $^1/_{10}$, sondern $^1/_5$ jener 5 Millionen Pferdestärken in dem nächsten Dezennium zur Luftsalpeterfabrikation herangezogen wird, so würde damit beim derzeitigen Ausbringen noch nicht der Zuwachs des Bedarfs an gebundenem Stickstoff gedeckt werden, der in dem gleichen Zeitraum nach den vorliegenden Erfahrungen zu erwarten ist. Dieser Sachverhalt ist für die Zukunft der Einzelanlagen, die an Stellen billiger großer Wasserkraft sitzen, sehr günstig, denn er sichert ihren Erzeugnissen einen ausreichenden Absatz. Aber er lehrt, vom weltwirtschaftlichen Standpunkt betrachtet, daß die Luftsalpeterfabrikation nur eine Teillösung des Stickstoffproblems darstellt.

Vom Ewigkeitsstandpunkt betrachtet, sind alle anderen Wege, die man technisch bei der Stickstoffassimilation beschreitet, gegenüber der Luftsalpeterfabrikation im Nachteil. Denn sie bedürfen alle in größerem oder kleinerem Maße, unmittelbar oder mittelbar der Kohle, deren Vorrat sich auf der Erde in absehbarer Zeit erschöpft, während die Kraft des fallenden Wassers vergleichsweise unvergänglich genannt werden darf. Aber unsere ganze technische Kultur beruht auf der Kohle und mit der Abwendung von den Wasserkräften und der Rückkehr zur Kohle als Grundlage der technischen Arbeit gewinnen wir zugleich für unser nationales Wirtschaftsleben den Vorteil, den Prozeß der Stickstoffbindung in unserer Heimat ausführen zu können, die bekanntlich an Kohle so reich ist, wie sie an großen billigen Wasserkräften arm ist.

Von den Prozessen, die sich der Kohle bedienen, um den Stickstoff der Luft zu binden, sind diejenigen, welche gleich der Luftsalpeterfabrikation auf Bindung an Sauerstoff abzielen, nach dem Stande der Sache wie die Luftsalpeterfabrikation selbst nur als Teillösungen des Problems zu betrachten. Ja, es scheint, daß sie nur eine wesentlich kleinere Entwicklung zu hoffen haben. Auch ist keines dieser Verfahren bisher über das Versuchsstadium hinausgediehen. Man hat daran gedacht, die Erscheinung zu verwerten, daß bei den Explosionen immer eine Bildung nitroser Produkte nebenher auftritt. Aber diese Mengen sind zu klein und die Verdünnung durch die anderen Erzeugnisse der Explosion ist für die Aufarbeitung zu nachteilig, um darauf eine Industrie zu gründen.

Bequemere Verhältnisse trifft man bei den ruhig brennenden Flammen. Bei diesen ist die Stickoxydbildung minimal, solange man unter gewöhnlichem Drucke arbeitet. Aber wenn man auf etwa 8—9 Atm. Druck geht, so kann man bei der Verbrennung des Kohlenoxyds mit vorgeheizter Luft auf 100 Mole Kohlensäure 3—4 Mole Stickoxyd oder Salpetersäure erhalten. Mit einem sauerstoffreicheren Gemenge von 50 Teilen Sauerstoff und 50 Teilen Stickstoff kommt man auf annähernd das Doppelte. Ähnliche Verhältnisse bestehen hinsichtlich der Wasserstoffverbrennung. Mit 50%iger Sauerstoff-Stickstoffmischung konnte man ohne Vorheizung bisher 3 Mole Salpetersäure auf 100 Mole Wasser erreichen, so daß das Verbrennungswasser direkt eine 10%ige Salpetersäure darstellte. Die technische Zukunft der Druckflammen für die Gewinnung nitroser Produkte läßt sich noch nicht beurteilen. Bei der Verwendung des Kohlenoxydes bietet sich die Möglichkeit, aus den Druckgasen reines Stickstofftetroxyd in fester Form leicht zu gewinnen, da die große Dichtigkeit der Masse einen hohen Gehalt der Raumeinheit an Stickstofftetroxyd und eine leichte Abscheidbarkeit bedingt. Indessen reichen derartige Einzelvorteile nicht aus, um von den Verbrennungsprozessen eine allgemeine Lösung des Stickstoffproblems zu erhoffen

So muß sich unser Blick auf die Wege richten, die Bindung des Stickstoffs an andere Elemente zum Ziele haben. Hier ist zunächst des Verfahres von Frank und Caro zu gedenken, welche gezeigt haben, daß Calziumcarbid begierig Stickstoff aufnimmt und dabei den Kalkstickstoff liefert, welcher direkt als Düngemittel verwendbar ist. Das Verfahren bedarf zugleich Kraft und Kohle für die Erzeugung des Calziumcarbides, welches den Ausgangsstoff darstellt. Sein Kraftbedarf ist erheblich kleiner, als der der Luftsalpeterfabrikation, aber immerhin noch groß genug, um seine erfolgreiche Ausübung nur dort zu gestatten, wo die Kraftkosten besonders niedrig sind. Seiner Ausbreitung hat sich hinderlich erwiesen, daß die Landwirtschaft den Kalkstickstoff nicht in dem erhofften Maße als Ersatz des Ammonsulfats angenommen hat. Es scheint, daß man dazu übergeht, die erzeugte Verbindung mit Hilfe von Wasserdampf zu spalten. Dabei werden Kalk und Kohle zurückgewonnen, freilich in technisch nicht von neuem verwendbarer Form, während der Stickstoff als Ammoniak erhalten wird. Auf diese Weise be-

trieben, kommt das Verfahren auf eine indirekte Bindung des Stickstoffs an den Wasserstoff hinaus. Solche indirekte Wege der Ammoniakerzeugung sind in letzter Zeit vielfach studiert worden. Es gibt eine ganze Anzahl chemischer Elemente, welche erlauben, zunächst die Kohlenstoffverbindung, das Carbid, aus dieser mit Stickstoff das Nitrid und aus dem Nitrid mit Wasser Ammoniak hervorzubringen, während der Ausgangsstoff zugleich zurückgewonnen wird. Dabei wird in verschiedenen Fällen gegenüber dem älteren Frank-Caroschen Wege der Vorteil erreicht, daß die Erzeugung des Carbides mit viel kleinerem Kraftaufwand, ja ohne Zuhilfenahme elektrischer Energie gelingt. Ferner läßt sich der wiedergewonnene Ausgangsstoff erneut verwenden, so daß ein vollständiger Kreisprozeß geschlossen wird. Immer aber handelt es sich um einen mehrstufigen und darum vergleichsweise verwickelten Vorgang, der den Beweis seiner wirtschaftlichen Lebensfähigkeit noch nicht erbracht hat.

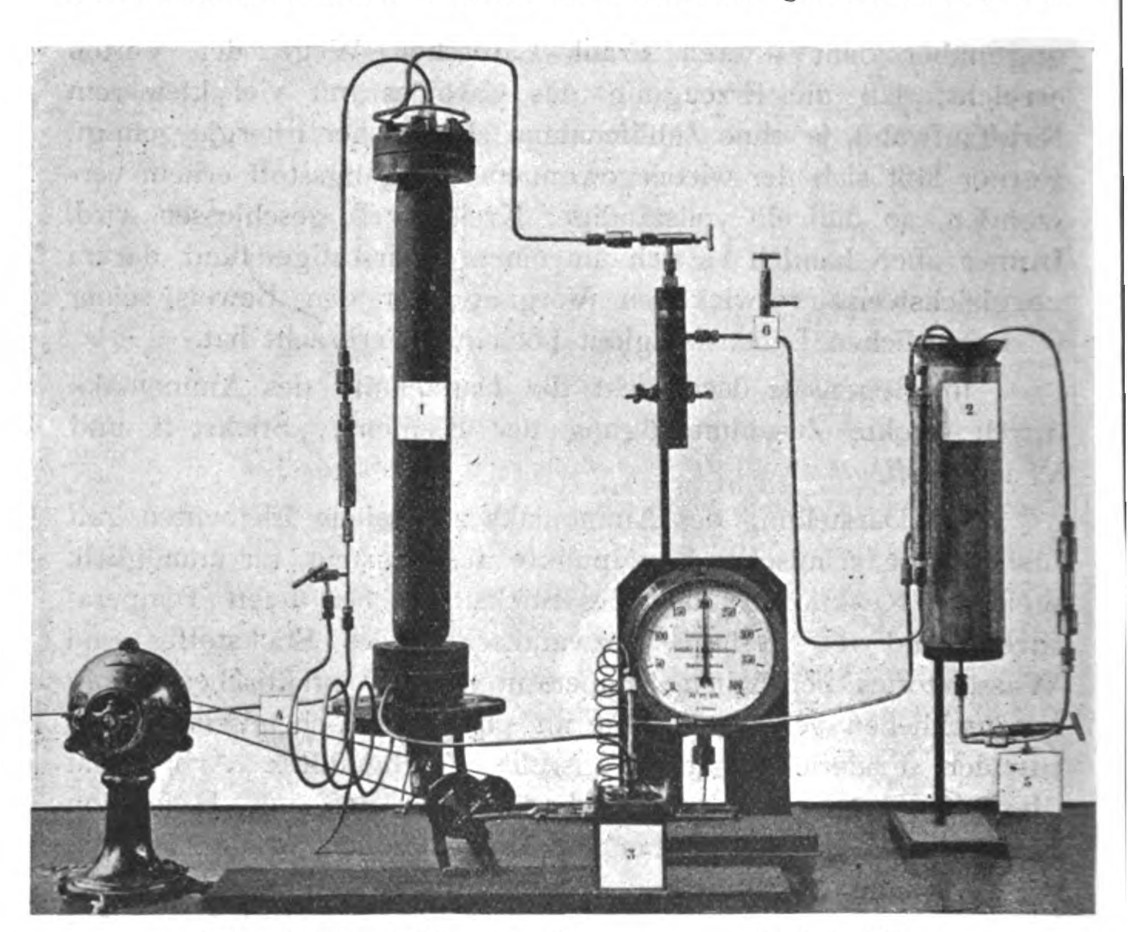
Im Gegensatz dazu steht die Darstellung des Ammoniaks durch direkte Zusammenfügung der Elemente, Stickstoff und Wasserstoff.

Die Darstellung des Ammoniaks aus seinen Elementen galt bisher vom technischen Standpunkte aus beurteilt, für unmöglich, weil die Reaktionsträgheit des Stickstoffes bei tiefen Temperaturen, und die geringe Verwandtschaft des Stickstoffes und Wasserstoffes bei hohen Temperaturen einen praktischen Erfolg auszuschließen schienen. Eine im physikalisch-chemischen Institut der »Fridericiana« in Karlsruhe durchgeführte Arbeit hat dieses Vorurteil widerlegt und dargetan, daß mit Hilfe von Drucken, welche den bisher bei Gasreaktionen in der Technik zur Anwendung gebrachten Betrag außerordentlich übersteigen, das Verfahren in technisch brauchbarer Art verwirklicht werden kann. Die gegen die Verwendung eines Arbeitsdruckes von etwa 200 at[1] bestehenden Bedenken und die zu Beginn der Untersuchung nicht weniger ernsthaften Zweifel, ob bei einem solchen Drucke eine für praktische Verhältnisse in Betracht kommende Umsatzgeschwindigkeit — in den aus Festigkeitsgründen im Umfang beschränkten Reaktionsgefäßen — erzielbar sein würde, ferner, ob die für den Prozeß erforderlichen Über-

[1] Das Zeichen at bedeutet »Atmosphären«.

träger sich dauernd leistungsfähig erweisen würden, konnten überwunden werden.

Auch unter 200 at Druck ist allerdings die Vereinigung der Elemente unter den praktisch in Betracht kommenden Verhältnissen stets so weit unvollständig, daß man das Ammoniak schrittweise bilden und entfernen muß. Dies läßt sich z. B. durch eine Zirkulation unter dauerndem Hochdruck gut erreichen, bei



1. Bildungskammer mit Wärmeaustauscher.
2. Verflüssiger mit Kälteaustauscher und
3. Hochdruckumlaufpumpe [Ammoniakstandglas].
4. Frischgaszuführung.
5. Ammoniakablaß.
6. Probebahn.

welcher das Bildungsgefäß, das Abscheidungsgefäß und eine Umlaufpumpe in einen Kreis geschlossen sind. Das Ammoniak läßt sich in dem Abscheidungsgefäß durch mäßige Kühlung zur Verflüssigung bringen und kann in reiner flüssiger oder gasförmiger Form abgeblasen werden. Die unverbrauchten Anteile an Stickstoff und Wasserstoff bleiben im Kreislauf. Die Abbildung stellt einen solchen Hochdruckzirkulationsapparat für den Labo-

ratoriumsgebrauch dar, der im Karlsruher Institut für physikalische Chemie gebaut und bei 185 at Druck ohne Störung unter Erzeugung von stündlich 90 g flüssigem Ammoniak kontinuierlich betrieben worden ist. Das Bildungsgefäß kann mit einem Wärmeregenerator ausgerüstet werden, dessen Bedeutung um so größer ist, bei je höherer Temperatur die Bildung in dem Apparate vollzogen wird. Statt das Ammoniak durch Verflüssigung abzuscheiden, kann man es natürlich auch, sei es unter Beibehaltung des Druckes, sei es nach der Entspannung der Gase, durch Absorptionsmittel ausscheiden.

Daneben einhergehende Versuche über die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Überträger unter Drucken in der Nähe von 200 at führten zu der Erkenntnis, daß das Osmium eine ausgezeichnete katalytische Wirksamkeit entfaltet. Beispielsweise wurden unter Verwendung einer Mischung von annähernd 3 Raumteilen Wasserstoff und 1 Raumteil Stickstoff bei einem Druck von 175 at und einer Temperatur in der Nähe von 550° C. mit fein verteiltem Osmium leicht Ausbeuten von 8 Vol.-% Ammoniak und darüber erhalten. Der bei Begründung der Osmiumlampenfabrikation durch Auer von Welsbach festgestellte Weltvorrat an Osmium ist aber recht klein. Er übersteigt nicht wesentlich 100 kg, und die jährlichen Anfälle beschränken sich auf geringe Mengen. Es wurde deshalb nach einem zweiten Überträger gesucht, der in der Natur größere Verbreitung besitzt. Ein solcher wurde in dem Uran gefunden, welches nach dem periodischen System der Elemente eine ähnliche Verwandtschaft zu dem schwach wirksamen Chrom aufweist, wie das Osmium zu dem ebenfalls seit langem für eine gewisse katalytische Wirksamkeit bekannten Eisen. Das (kohlenstoff- bezw. carbidhaltige) Uran, welches man z. B. im elektrischen Lichtbogen aus Uranoxyd und Kohle erzeugen kann, zerfällt im Hochdruckgasgemenge unter Stickstoffaufnahme zu einem sehr feinen Pulver, dessen ausgezeichnete katalytische Wirkung bei einer unter 500° C. gelegenen Temperatur dem naturwissenschaftlichen Verein in Karlsruhe in diesem Jahre demonstriert wurde. Die vom Überträger kommenden Druckgase traten dabei in einen Verflüssiger, der mit einem druckfesten Standglas ausgerüstet war, in welchem die Zunahme des flüssigen Ammoniaks während des Versuchs durch Projektion auf einen Schirm gezeigt wurde.

Durch diese Arbeitsergebnisse scheint die Grundlage für eine Industrie des synthetischen Ammoniaks gesichert. Der Kraftbedarf für Kompression und Bewegung der Gase ist sehr gering. Wärme- und Kältebedarf sind bei sachgemäßer Wahl der Temperatur im Bildungsraum nach den bisherigen Erfahrungen für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens von geringer Bedeutung. Infolgedessen darf angenommen werden, daß der Prozeß im Inland und allgemein in solchen Wirtschaftsgebieten ausgeübt werden kann, in denen Kohle für die Erzeugung von Wasserstoff zu Gebote steht, während die für die Luftsalpeterfabrikation erforderlichen großen billigen Wasserkräfte mangeln.

Auf der geschilderten Grundlage hat die Badische Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen mit Erfolg weiter gebaut, so daß die Hochdrucksynthese des Ammoniaks aus seinen Elementen fortan unter die Prozesse gerechnet werden darf, auf welche die Landwirtschaft ihre Hoffnungen setzt, wenn sie sich angesichts der abnehmenden Ergiebigkeit der chilenischen Salpeterlager und der beschränkten Ausdehnungsfähigkeit der Ammoniakgewinnung aus dem gebundenen Stickstoff der Kohle nach neuen Quellen für ihren wichtigsten Bedarfsstoff umsieht.

Beitrag zur
Geologie des »Unterengadiner Fensters«

von

W. Paulcke.

Die Form meines Vortrags im Naturwissenschaftlichen Verein am 15. Juli 1910 über die geologischen Forschungen im Antirhätikon war derartig an eine große Lichtbilderreihe angepaßt, daß der Vortrag nicht so im Druck erscheinen kann, wie er mündlich gegeben wurde, weil naturgemäß eine so reiche, sich mit dem Wort deckende Bildbeigabe, nicht möglich ist. Ich will mich daher darauf beschränken, die wichtigsten Ergebnisse meiner Arbeiten im Gebiete des sog. »Unterengadiner Fensters« in Kürze zusammenfassend, etwa dem gehaltenen Vortrage entsprechend, darzustellen.

Auf eine eingehende Angabe über Literatur muß ich an dieser Stelle auch verzichten, zumal ich eine umfassende Darstellung der paläontologischen, stratigraphischen und tektonischen Ergebnisse meiner Forschungen im Antirhätikon in Arbeit habe.

Das Gebiet (vergl. Tafel IV), von dem die Rede sein soll, besteht vorwiegend aus mannigfach ausgebildeten Schiefern und wird von folgenden Gebirgsgruppen umgrenzt:

Im Westen von der Silvrettagruppe, im Norden vom Ferwall, im Osten von den Oetztaler Alpen, drei fast ganz aus Gneissen bestehenden Gebirgsgruppen umgeben, während im S.-Osten und Süden die Unterengadiner Dolomiten (Sesvenna-Lischannagruppe) angrenzen und im S.-S.-Westen die Gruppen des Piz Nuna-Piz Vadret wieder an die Silvretta anschließen.

Bis Remüs, N.-Ost von Tarasp-Schuls, bildet der Innlauf ungefähr die Grenze meines Arbeitsgebietes gegen die Unterengadiner Dolomiten; von Remüs an durchbricht der Inn das Schiefergebirge und verläßt dasselbe erst kurz nördlich Prutz,

um dort wieder in das kristalline Gebirge einzutreten. — Das ganze Gebiet ist also vollkommen von alten kristallinen Gesteinen umrahmt, denn auch an der Basis der Dolomitberge des Unterengadins liegen kristalline Gesteine; und zwar überragen die alten kristalline Massen in den genannten großen Gebirgsgruppen das von ihnen eingefaßte Schiefergebiet.

Wenn wir auf einem der hohen Berge der Umrandung, z. B. auf dem Fluchthorn, stehen, befinden wir uns auf dem ältesten weit und breit vorhandenen Gesteinskomplex und blicken in die Tiefe auf eine aus lauter jüngeren Gesteinen bestehende Gebirgsgruppe, die Schieferberge des Antirhätikon, jenseits welcher sich wieder hochragende kristalline Massen, die Oetztaler Alpen, auftürmen. — Die älteren Gesteine liegen also höher wie die

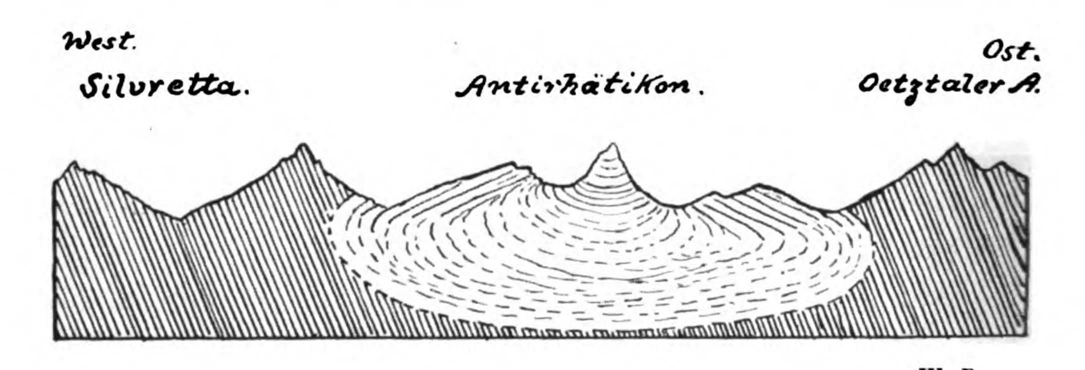


Abb. 1. Das Antirhätikon als **Synclinale** mit randlichen Überfaltungen.

jüngeren. Der Geologe des vorigen Jahrhunderts, welcher alle Eigentümlichkeiten des Gebirgsbaues in das Faltenschema zwängte, verband Silvretta und Oetztaler als Mulde und ließ das Antirhätikon mit seinen jüngeren Schiefern normal auf dem kristallinen ruhen. Abb. 1. Da nun aber am Rande des Schiefergebirges die jungen Gesteine unter die alten Gneisse einfallen, was z. B. schon früh beobachtet wurde (Studer, Theobald), mußte eine randliche lokale Überfaltung zur Erklärung zu Hilfe genommen werden. Abb. 1.

Ich selbst dachte noch 1904 in meiner Arbeit über: Geologische Beobachtungen im Antirhätikon an eine Art Kesselbruch mit peripheren Überschiebungen der umgebenden Gneissmassen konzentrisch über das von ihnen umrandete Schiefer-

gebiet. Abb. 2. Immerhin kam ich dabei notgedrungen schon auf ein Überschiebungsausmaß bis zu 12 Kilometer und die Überschiebungen reichten an einer Stelle bis in die Mitte des Gebietes, sodaß es fraglich war, von welcher Seite dieser am weitesten verlagerte Überschiebungsrest stammte.

Bald nach Veröffentlichung der erwähnten Arbeit lernte ich das klassische Gebiet der Freiburger Alpen kennen, und wurde zur Bertrand-Schardtschen Überschiebungs-, bezw. Überfaltungs- und Deckentheorie bekehrt.

Mit einem Schlage kam durch diese kühne, von Termier, Lugeon, Steinmann u. a. erweiterte und vertiefte Hypothese Klarheit in den fast unentwirrbar scheinenden Alpenbau.

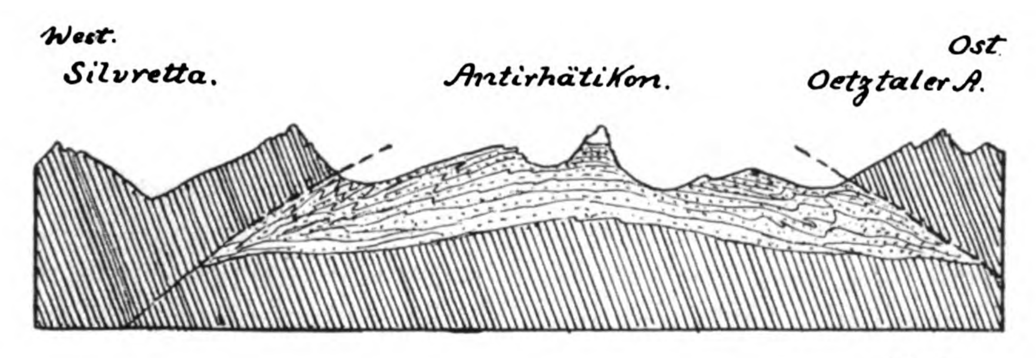


Abb. 2. Das Antirhätikon als **Kesselbruch** mit randlichen Überschiebungen und wurzelnden kristallinen Massen.

Wir nehmen mit Schardt-Lugeon an, daß die in gewissen Meeresabschnitten hintereinander, verschieden (in besonderen »Facies«) ausgebildeten Gesteinsserien durch Überfaltungs- und Überschiebungsvorgänge, deren Schubrichtung vorwiegend Süd-Nord gerichtet war, als »Decken« übereinander geschoben wurden.

Bei diesem tektonischen Vorgang kam die Gesteinsserie des nächstsüdlichen Faciesgebietes jeweils auf die Gesteinsserie des nächstnördlichen Faciesgebietes als »Decke« zu liegen.

Wir unterscheiden in Graubünden folgende Decken: 1. hintereinander gelegen, nach den ursprünglichen Faciesgebieten von Süd

nach Nord geordnet: Facies der **Ostalpine Decke** — **Rhaetische Decke** — **Brecciendecke** — **2 Klippendecken** — **Bündnerdecken**.
2. nach dem Überschiebungsvorgang übereinanderliegend:

		Besonders gekennzeichnet durch:
oben	**Ostalpine Decken**	Ostalpine Triasablagerungen und Dolomite etc.
darunter	**Rhaetische Decke**	Einlagerung basischer Eruptiva (Gabbro, Spilit, Serpentin, Nephrit)
»	**Brecciendecke**	starke (Lias etc.) Breccienentwicklung.
»	**2 Klippendecken**	helle Tithonkalke, bezw. sog. Falknissbreccie und Oberkreide als »Couches rouges«.
»	**Bündnerdecken**	Ausbildung fast aller Sedimente des Mesozoikums als Schiefer, oben typische Bündnerkreide und Tertiärbreccie.

Bei den Überschiebungsvorgängen kann es natürlich vorkommen, daß die eine oder die andere Decke mehr oder weniger ausgewalzt wird, sodaß sie bisweilen örtlich sogar ganz fehlt; in solchen Fällen bleibt aber natürlich die Reihenfolge der übrigen Decken gewahrt.

Es handelte sich nun darum, erstens überhaupt festzustellen, was für Schichtgesteine die Berge des Antirhätikon zusammensetzen, und zweitens, aus der gewonnenen Schichtenfolge den Bau dieses Gebietes zu rekonstruieren.

Über das in Rede stehende Schiefergebiet existierte nur eine größere Arbeit aus dem Jahre 1864 von G. Theobald[1] und kurze Bemerkungen über dasselbe finden sich bei Studer[2] 1851, bei Stache 1872 und bei Koch 1884.

Alle diese Arbeiten gaben keine befriedigende Gliederung der Schichtenfolge, was auch nicht gut möglich war, da sie offenbar nur auf kurzen, cursorischen Begehungen des Schiefergebietes beruhten. Die Schiefer, die der eine (Theobald) alle als Lias er-

[1] G. Theobald, Beitr. zur geologischen Karte der Schweiz, 2. Lieferung. Geologische Beschreibung der nördlichen Gebirge von Graubünden 1864.

[2] B. Studer, Geologie der Schweiz 1851.

klärte, deutete der andere (Stache) alle als Palaeozoikum mit geringfügigen Liasresten.

Aus solchen stratigraphischen Auffassungen war natürlich kein rechtes tektonisches Bild der Gegend zu gewinnen, und eine genaue Untersuchung dieses wichtigen Gebietes versprach wertvolle Ergebnisse.

Steinmann[1] hatte schon bei Ardetz lokale Schollenüberschiebungen erkannt und bald nach Beginn meiner Arbeit gelang es mir[2], den Gipfelbau des Stammerspitz als isolierte Überschiebungsreste triadischer Dolomite auf junge Gesteine mitten im Schiefergebiet nachzuweisen.

Der erste, der die Überfaltungshypothese auch auf diesen Teil der Alpen anwandte, war Pierre Termier[3], welcher zum

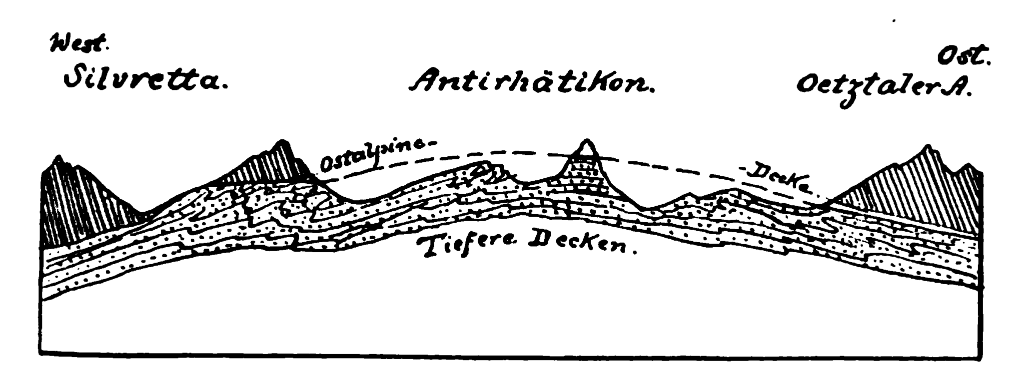


Abb. 3. Das Antirhätikon als **Fenster**
mit wurzellos schwimmenden kristallinen Massen und Deckenbau.

ersten Male das Unterengadiner Schiefergebiet als »Fenster« darstellte; d. h. als ein Gebiet jüngerer Gesteine, über welche anders geartete und ältere Massen als Decke überschoben waren, von denen Abtragungsvorgänge in einem abgeschlossenen Gebiet soviel wieder fortgeschafft haben, daß man durch die Umrahmung der alten Gesteinsmassen wie durch ein Fenster auf die jüngeren Gesteine der Unterlage blickt. Abb. 3.

---

[1] G. Steinmann, Geolog. Beobacht. i. d. Alpen I. Naturf.-Gesellsch. Freiburg i. Br. Bd. 10.

[2] W. Paulcke, Geolog. Beobacht. im Antirhätikon ebenda 1904. Bd. 14.

[3] Pierre Termier, Les Nappes des Alpes Orientales et la Synthese des Alpes. — Bull. Soc. geol. France 4 sér. Tome II. 1903.

Die folgenden Ausführungen sollen nun zeigen, in welchem Maße die Steinmannsche Deckengliederung vom übrigen westlichen Graubünden auch auf das Antirhätikon anwendbar sind, ob die Überfaltungshypothese auch hier, wie sonst im Alpengebiet, auf andere Weise unüberwindliche Schwierigkeiten in der Erklärung des Gebirgsbaues beseitigt, und ob das Unterengadiner Schiefergebiet tatsächlich ein geologisches »Fenster« darstellt.

Die Untersuchung der Schichtenfolge

ergab die Zugehörigkeit der Gesteinskomplexe sicher zu 4 Deckensystemen; stellenweise scheint noch eine weitere Decke in Resten erhalten zu sein.[1]

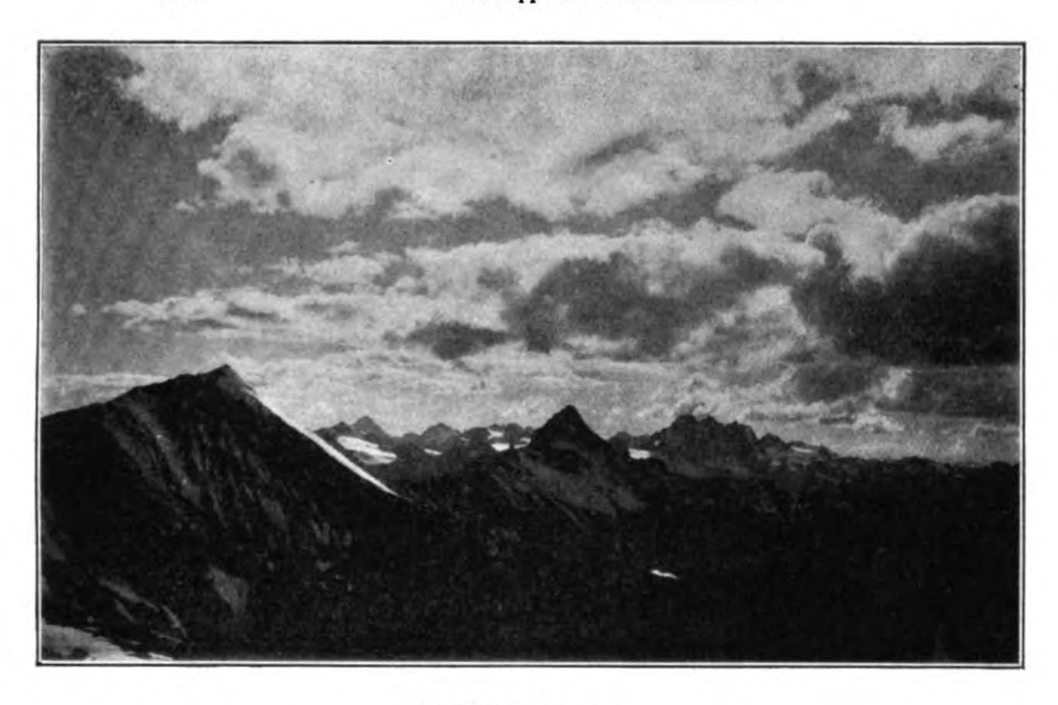
Vorausschicken muß ich, daß fast alle Sedimente, mit Ausnahme der Ostalpinen Trias und des Lias der Brecciendecke z. T. als sehr einförmige Schiefer ausgebildet sind, und daß starke lokale Verfaltungen und Schuppungen eine Entwirrung des Gebirgsbaues außerordentlich erschweren. — Östliches Fehlen der einen oder anderen Decke durch lokale Ausquetschung ist eine häufige Erscheinung.

I. Der tiefste Komplex ist der der **»Bündnerdecken«**; er ist in ausgesprochener Schieferfacies entwickelt. (Vergl. Taf. I 1 Muttler und Taf. I 2 Basis des Stammerspitz.)

Diese Bündnerschiefer bestehen aus Tonschiefern, kalkigen, sandigen und quarzitischen Schiefern, aus kalkigen Crinoidenbreccien und brecciösen Schiefern, in denen ich Orbitulina, sowie andere Foraminiferen und Diplopora Mühlbergii fand, sowie aus Breccien mit Quarz- und Dolomitkomponenten, in welchen ich Orbitoides (Orthophragmina) nach langem Suchen entdeckte. — Damit konnte ich Tertiär und untere Kreide mit Sicherheit in diesen den Praetigauschiefern entsprechenden Komplex nachweisen. — Wahrscheinlich ist, daß die tiefern Schiefer, in denen bisher in Antirhätikon keine Fossilien gefunden wurden, dem Jura und

[1] Die tiefsten Gesteinsmassen schied ich als neuen weitgreifenden **Deckenkomplex** ab (Zentralblatt f. Mineralogie 1910 S. 540 ff.) und stellte denselben der sog. Niesenflyschzone der Freiburger Alpen gleich, als eine Decke, welche unter der Klippendecke und über den helvetischen Decken liegt. Merkwürdigerweise hatte man bisher alle Faciesgebiete der Alpen als nach Norden überschoben und dort erhalten angenommen, nur die Bündnerschieferzone nicht. Stratigraphische wie tektonische Überlegungen begründen l. c. meine Aufstellung des Bündnerdeckenkomplexes.

Muttler B.D. — Stammerspitz Triasklippe O.D. — Fluchthorn O.D. Kristallin.



W. Paulcke, phot.

1. Blick vom Piz Mondin auf die Berge des Unterengadiner Fensters und ihre östliche Deckenumrandung.



W. Paulcke, phot.

2. Überschiebung des Stammerspitz von NO gesehen.

O.D. = Ostalpine Decken. Rh. D. = Rhätische Decke. B.D = Bündner Decke.

der Trias zugehören. Z. T. sind diesen Schiefern Grünschiefer (gepreßte Diabase) eingelagert z. B. bei Rauth-Finstermünz etc. Hier könnte eventl. noch eine tiefere Bündnerdecke vorliegen.

Offenbar findet in diesen Schiefern ein Facieswechsel von SW nach NO derart statt, daß sie im NO immer monotoner breccienarmer werden. So ist es mir nicht gelungen, in dem Kamm Spissermühle — Muterköpfl — In der Keil — Blauwand die bezeichnende Breccie des Piz Roz, oder die Kreide von Davo Diou im Fimbertal wiederzufinden, trotzdem die Breccienschiefer dieser Gegend in den genannten Bergkamm hinüberstreichen.

Während man bisher diesen Massen durchweg liasisches oder noch höheres Alter zuschrieb, ist der einwandfreie Nachweis von Kreide und Tertiär für die Gliederung der Antirhätikonschiefer, wie der Bündnerschiefer überhaupt von Wichtigkeit. Für die Tektonik des »Fensters« spielt er z. T. eine ausschlaggebende Rolle.

Ich möchte einstweilen noch dahingestellt lassen, wie harte reine Quarzite, gelblich verwitternde Dolomite, bunte quartenschieferartige Schiefer, Gips und Rauhwacken zu diesem Komplex zu stellen sind, und behalte mir die Darstellung dieser Frage für die ausführliche Monographie dieses Gebietes vor.

Die Mächtigkeit der Bündnerschiefer wird von manchen Autoren (z. B. von A. Heim[1]) auf 2400—3000 m angegeben. Eine genaue Betrachtung von Schiefergebieten lehrt uns, daß solche enorme Mächtigkeiten nicht primär, sondern vielmehr sekundär durch tektonische Vorgänge (Deckenbildung, Faltungswiederholungen, Schuppungen) entstanden sind, und es dürfte in solchen Gebieten stets sehr schwer sein, die Norm zu ermitteln; jedenfalls beträgt sie nur einen Bruchteil der tektonisch erzeugten Mächtigkeit.

II. Über dem relativ monotonen Schieferkomplex liegen außerordentlich wechselvolle Gesteinsmassen, und zwar zunächst eine Serie mit Verrucano, sowie Quarziten, Gips, Rauhwacken mit bunten Tonschieferstückchen, gelb verwitternden Dolomiten, bunten, den Quartenschiefern ähnlichen Schiefern, sehr quarzreiche Breccien, polygene Breccien mit Dolomitkomponenten, welche man z. T. als eine modifizierte »Falknissbreccie« auffassen könnte,

[1] Alb. Heim, Geologie der Hochalpen zwischen Reuß und Rhein. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Lief. 25. 1891. Seite 342.

dazwischen Sandsteine und Sandschiefer, sowie kalkige Schiefer und Tonschiefer von gelber, brauner bis schwarzer Farbe.

Der Lage nach und beim Vergleich mit ähnlichen Bildungen im Hinterrheingebiet[1] kann man zur Auffassung gelangen, daß es sich hier um ein Äquivalent der Kippendecke handelt, welches hier im Osten gewisse facielle Veränderungen[2] erlitten hat. Am ähnlichsten der Westbündner Facies sind die Gesteine im westlichsten Teil des Antirhätikon ins Futschöltal, das vom Futschölpaß gegen das Jamtal führt, wo eine polygene grobe Breccie mit Juliergranitkomponenten auftritt. An dieser Stelle liegt wohl sicher ein Rest der Klippendecke vor, was hier umso wahrscheinlicher, als hier auch helle weiß-rosagrünliche marmorisierte geschieferte Kalke auftreten, die man als Tithonäquivalente deuten könnte.

III. Sehr bezeichnend ist über diesem Komplex die Breccien-decke entwickelt (vergl. Tafel II 1 und 2). Quarzite, Triasdolomite, bunte Schiefer und vor allem überaus fossilreicher Lias lassen diese Decke überall leicht erkennen, und leisten vorzügliche Dienste für die Erkenntnis der tektonischen Verhältnisse.

Der Lias erscheint vorwiegend in Gestalt grobspätiger Crinoidenbreccien, und zwar sowohl von dunkelgrauer, wie hellgrauer, gelblicher und rötlicher Farbe. Der Reichtum an Versteinerungen ist stellenweise ganz enorm. Ganze Bänke sind von Gryphaeen oder Terebrateln und Rhynchonellen erfüllt, die für alpine Verhältnisse zum Teil sehr guten Erhaltungszustand aufweisen.

Belemmiten sind gleichfalls mancherorts überaus häufig, desgl. Ammomiten, u. a. Arieten von Durchmesser bis $^1/_2$ Meter. Pentacrinus Stielglieder bedecken stellenweise ganze Plattenoberflächen. Außer diesen grobspätigen Kalken gehören noch Kieselkalke und lauchgrüne, sowie graue glimmerig-sandige Tonschiefer zur Liasserie; ferner feine und gröbere Breccien mit gelblich verwitternden Triaskomponenten. An einer Stelle ist ein Stück des Grundgebirges der Brecciendecke in Gestalt einer kleinen Gneissscholle mitgerissen.

[1] Vgl. O. Welter, Stratigraphie und Bau der Alpen zwischen Hinterrhein und Safiental. Eclogae Geolog. Helveticae. Vol. X 1909, pag. 814 ff.

[2] Wenn diese Annahme zu Recht besteht, wäre jedenfalls der Facieswechsel vom Falkniss-Sulzfluhgebiet bis ins Antirhätikon ein sehr intensiver.

Untere Kreide (Urgoaptien), sowie Flyschsandsteine und Tonschiefer mit Fucoiden dürften wohl auch zu dieser Decke zugehören, sofern man nicht eine sehr starke Verfaltung der Brecciendecke mit einer tieferen Decke annehmen will, was wahrscheinlich ist, da am Kontakt mit dem Lias fast überall verschiedene Gesteine anstehen.

IV. Die Rhätische Decke folgt (vergl. Tafel II. 1), wie dies das Schema verlangt, über der Brecciendecke. Basische Eruptiva in Gestalt von Spiliten, Varioliten und Gabbro, Serpentinen, sowie Nephrit, charakterisieren dieses, besonders für Bünden so bezeichnende, tektonische Element. Radiolarite habe ich jedoch im Antirhätikon nirgends entdecken können. Spilite mit rot verfärbten Kalkeinschlüssen finden sich an verschiedenen Stellen, ebenso bezeichnende grün-rote Schiefer, die nichts anderes sind als gepreßte Spilitschiefer, und die von älteren Autoren vielfach für Verrucano gehalten wurden; gewisse rötlich-grünliche, z. T. kalkige Schiefer, die bezeichnend für Spilitkontakt sind, lassen Reste der rhätischen Decke an Stellen erkennen, an welchen die basischen Eruptiva selbst nicht erhalten geblieben sind; — überlagert werden die grünen Gesteine von dunkelgrauen ruppigen Tonschiefern mit Sandsteineinlagerungen.

V. Die Ostalpine Decke (vergl. Tafel I—III), das höchste tektonische Glied erscheint in Gestalt von Überschiebungsklippen und lokalen Einfaltungen innerhalb des Fensters, und bildet, mit verkehrt gelagerter Trias und darüber lagernden Gneissmassen, die Umrandung desselben, besonders die Gebirgsmassen der umgebenden Silvretta, des Ferwall, der Oetztaler Alpen etc. — hellgraue z. T. splittrige z. T. brecciöse dunklere Dolomite, herbstlaubfarbige Tonschiefer und Rhätkalke, welche außer Lithodendron eine ganz ordentlich erhaltene Rhätfauna am Stammerspitz geliefert haben, kennzeichnen diese Trias als ostalpine. Eine Breccie vom Stammer, welche vorwiegend aus dunklen Kalken (wohl Rhät) und Tonschiefer besteht, dürfte der Lagerung nach gleichfalls in diese Decke gehören und Lias darstellen. Am Stammer scheint die Ostalpine Decke zweigeteilt.

Die Silvrettagneisse sind sehr mannigfaltig gestaltet; echte Augengneisse wechseln mit granatführenden Glimmer- und Hornblendegneissen; sie werden stellenweise von auffallend frisch erscheinenden porphyrischen Gängen durchsetzt.

stimmt, wie dies schon aus der Reihenfolge der Decken ersichtlich ist, im Prinzip durchaus mit dem des übrigen Graubünden, und die Überfaltungs- bezw. Überschiebungshypothese gibt auch hier die beste Lösung für die Erklärung der stratigraphischen Verhältnisse, wie für die Lagerung.

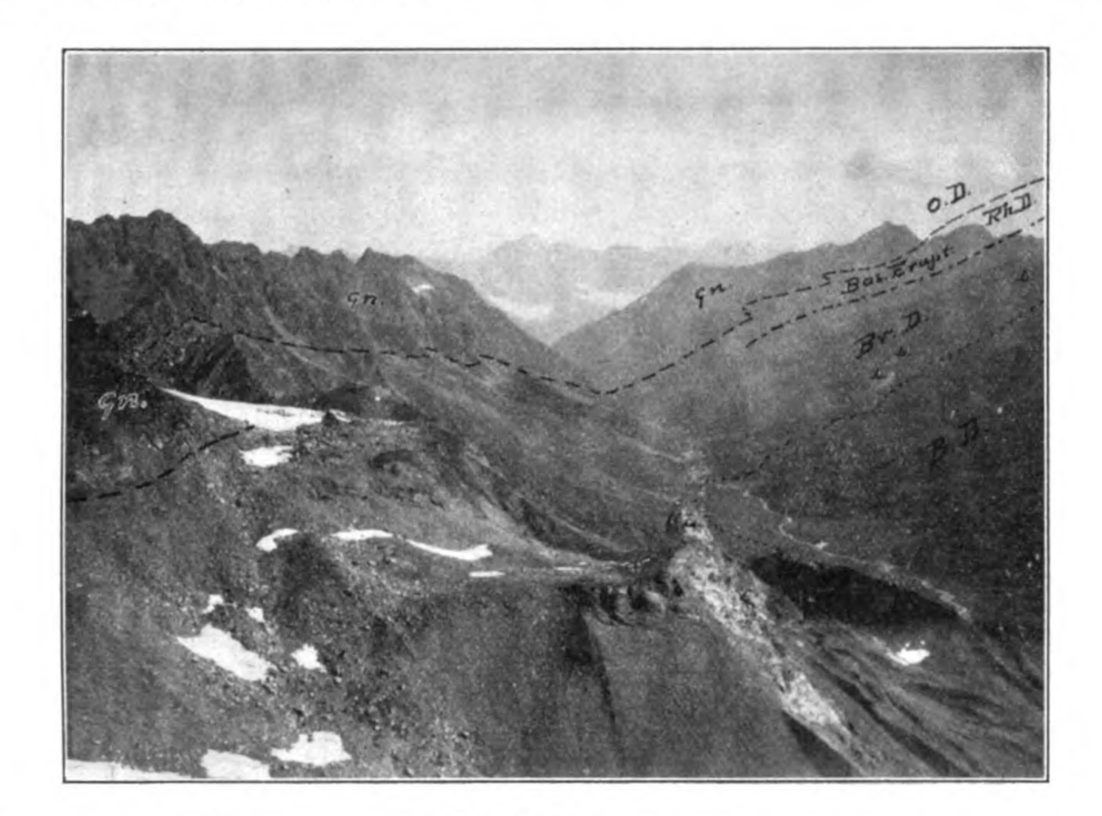
Wir können auch hier die großen Züge der Tektonik am besten durch Annahme regional weitgreifender Überschiebungen erklären, die im wesentlichen Süd-Nord gerichtet waren.

Ich erwähnte bereits, daß auch im Antirhätikon — wie anderwärts — vielfach bei diesem Überschiebungsvorgang stellenweise Ausquetschungen ganzer Decken oder von Teilen derselben stattgefunden haben.

So finden wir vielfach den Gneiss der Ostalpinen Decke ohne Zwischenlage von ostalpiner Trias, ohne die darunter zu erwartenden basischen Eruptiva direkt auf dem Flysch tieferer Decken aufruhen. (Tafel III.) Es kommt häufig vor, daß unter demselben Berg — u. a. z. B. am Fluchthorn — auf der einen Seite (N.-O) die liegende Trias erhalten ist, während auf der anderen Seite Flysch die Unterlage der Gneissmassen bildet.

Zwei ausgeprägte Phasen gebirgsbildender Tätigkeit müssen wir auch für dieses Alpengebiet annehmen. Eine erste Überschiebungsphase, welche den Deckenbau im ganzen Alpengebiet schuf, und eine zweite Phase, welche den inzwischen zum Teil schon stark durch erosive Vorgänge abgetragenen Gebieten, je nach ihrer Form und Beschaffenheit, eine spezifisch lokale Tektonik aufprägte, welche aber ihrerseits natürlich auch in gewissem Zusammenhang mit dem Gesamtalpenbau steht.

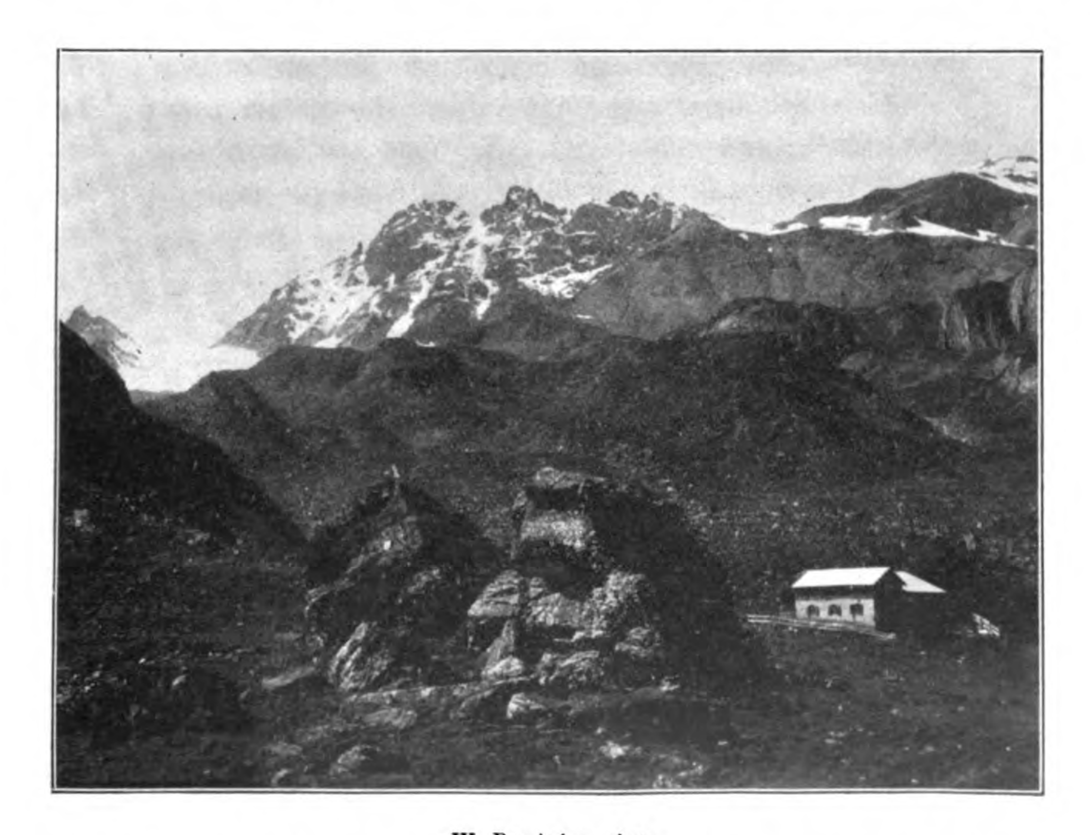
Wir müssen wohl annehmen, daß die Schubflächen zur Zeit der I. Phase (Überschiebungsphase) ziemlich unregelmäßig gestaltet waren, so daß die Basis der Decken in recht verschiedenes Niveau zu liegen kam. Depressionen wechselten mit Kulminationsgebieten. — In der großen Depression der Ostalpen, in der sich die Achse der Alpen nach Osten stark gesenkt hat, erblicken wir wegen ihrer Tiefenlage — mit Ausnahme weniger Gebiete — nur die obersten, die Ostalpine Decken. Ebenso stellt die Silvretta ein solches Depressionsgebiet (vergl. Tafel V) dar, während die Gegend des Fensters einst einer Erhöhung entsprochen



W. Paulcke, phot.

1. Blick vom Hang des Larainfernerspitz
auf die nördliche Umrandung des Unterengadiner Fensters.

Gn. = Gneiss. O.D. = ostalp. Decke. Rh. D. = Rhätische Decke. Br D Brecciendecke. L. = Lias.



W. Paulcke, phot.

2. Blick auf die Liasklippen (Brecciendecke) bei der Heidelberger Hütte
im Hintergrund der Gneissbau des Fluchthorn (Ostalpine Decke).

haben muß, sodaß in dieser Gegend Ostalpine, sowie die anderen Decken, welche kontinuierlich darüber lagen, zuerst und am stärksten durch erosive Vorgänge abgetragen wurden, wodurch eben im Antirhätikongebiet ein »Fenster« entstand, in dem man jetzt durch den Rahmen der höheren Decken bis auf die Bündnerdecke hinabsehen kann. (Abb. 3 und Tafel V Profil I.)

Am Rande des Fenstergebietes sehen wir sehr verschiedene Höhenlagen der Deckengrenzen; so liegt die Basis der Ostalpinen Decke am Westrand des Fensters beim Fluchthorn etwa 2980 m. Der Kulminationspunkt dürfte etwa bei 3000 m liegen. Daß sich die Decken nach Norden senken, erkennen wir daran, daß die Überschiebungsgrenze der Ostalpinen Decke beim Parditscher Grat schon bei ca. 2600 steht und nördlich Prutz bis auf ca. 900 gesunken ist. Im Süden unterhalb Guarda liegt die Basis der Ostalpinen Decke etwa bei 1400 m. (s. Tafel IV und V.)

Ebenso wie nach Nord und Süd sehen wir eine Senkung der Decken nach Ost und West. Im Westen liegt die höchste Stelle der Ostalpinen Decke etwa bei 2360 m, im Osten liegt die Grenze in der Gegend von Remüs etwa am Innlauf bei 1100 m.

Das ganze Gebiet erscheint also periklinal mit stärkerer Senkung nach Osten in der Richtung der Senkung der ostalpinen Achse, und ebenfalls mit stärkerer Senkung nach Norden, wo der kristalline Kern der Ostalpinen Decke unter der normal aufgelagerten Trias der nördlichen Kalkzone am Arlberg verschwindet.

Wichtig für die Prüfung der Richtigkeit der Überfaltungshypothese ist die Tatsache, daß Reihenfolge und die relative Entfernung der verschiedenen Decken voneinander im Fensterrahmen stets annähernd gleich bleibt.

Die Frage, ob wirklich einst die Ostalpine und die anderen Decken das ganze Fenster überwölbt haben, findet ihre Antwort in dem Nachweis, daß der mitten im Fenster hoch emporragende Stammerspitz (3258 m) aus ostalpiner Trias besteht und mit untergelagertem Rest der rhätischen Decke [vgl. Profil I Tafel V] — die übrigen Decken sind ausgequetscht — auf dem Tertiärflysch der Bündnerdecke aufruht. (Tafel I und 2.)

Für die Frage, ob die Silvretta wirklich schwimmt, und nicht doch als autochthon aufgefaßt werden kann, ist das Studium

der Randzone des Fensters im Fimbertal und Jamtal von größter Wichtigkeit.

Im allgemeinen besteht der östliche Grenzkamm der Silvretta — Linie Augstenberg (3233 m) — Krone (3195 m) — Fluchthorn 3103 m) — Larainfernerspitz — Gemsbleisspitz (3017 m) aus Silvrettagneissen. — Unter alle die genannten Berge sehen wir aber die jungen, z. T. tertiären, bzw. cretacischen Schiefer tieferer Decken in der Hauptsache nach Westen unter den Silvrettagneissbergen einfallen (Tafel V Profil II). Die Gegner der Überfaltungshypothese sprechen in solchen Fällen von kleinen lokalen randlichen Überschiebungen. Nun haben erfreulicherweise die Gletscher, welche vom genannten Grenzkamm gegen das Jamtal im Futschöltal herabflossen, dieses Tal kräftig ausgeschürft, und der Futschölbach hat in z. T. enger Schlucht einen tiefen Einschnitt geschaffen, sodaß die Flyschschiefer der Unterlage der Ostalpinen Decke sichtbar wurden. Hier ist ein Nebenfenster vorhanden, dessen östliche kristalline Rahmenumgrenzung allerdings zwischen Augstenberg und Krone am Futschölpaß durchbrochen ist. Wenn wir das Fluchthorn von Ost nach West überqueren, steigen wir aus dem Flysch der Unterlage (vergl. Profil I Tafel V) empor in den Gneiss der Ostalpinen Decke, und gelangen jenseits im Futschöltal westl. P. 2904 aus dem Gneiss wieder in den Flysch, in dem wir bis nahe an die Jamhütte wandern, wo er dann endgültig unter den Gneissen der Silvretta verschwindet, und erst jenseits, weit im Osten bei Klosters im Prätigau wieder hervortaucht. Das Fluchthorn schwimmt also deutlich erkennbar auf Flysch, und der Flysch ist vom kristallinen Rand in diesem Nebenfenster mehr wie 3—4 Kilometer weit unter der Silvretta zu verfolgen. — Weitere derartige kleine halboffene Nebenfenster finden sich zwischen Piz Cotschen und Piz dellas Clavigliadas, ferner zwischen Fluchthorn und Larainfernerspitz, zwischen dieser und dem Heidelbergerspitz, zwischen diesem und dem Gemsbleisspitz, sowie im Norden des Gebiets zwischen Parditscher Grat und Vesulspitz (Profil II Tafel V).

Wir wissen aus v. Seidlitz Rhätikonarbeit und durch Rotpletz, daß, wie der Flysch im Antirhätikon westlich sinkend, unter die Silvretta verschwindet, er ebenso, aber entgegengesetzt in west-östlicher Richtung, vom Prätigau her unter dieses Gneissgebirge taucht, und sehen auch dort, bei Gargellen, ca. 4½ Kilometer vom westlichen Überschiebungsrand im kleinen Fenster

von Gargellen den Flysch unter dem Gneiss erscheinen (Profil I Tafel V).

Die Gesamtbreite der kristallinen Silvretta mißt ca. 27 km, und da wir jeweils von Osten und Westen her $4-4^1/_2$ km weit den Flysch unter dies Gebirge einfallen sehen, ist der Schluß kaum mehr gewagt, daß diese jungen Gesteine auch unter den übrig bleibenden $18^1/_2$ km durchgehen. Ein etwa im Groß-Fermunt im Gneiss angesetztes Bohrloch müßte ungefähr bloß 600 m tief heruntergebracht werden, bis es die nächst tiefere Decke träfe.

Ein weiteres Kriterium für die Zusammengehörigkeit der jungen Gesteine des Antirhätikon mit denen des Rhätikon ist ihre facielle Identität, welche u. a. besonders in der vollkommenen Gleichartigkeit der tertiären und cretacischen Flyschablagerungen beider Gebiete (Rozbreccie und Bündnerkreide) zum Ausdruck kommt; wie sie sich in der Tatsache dokumentiert, daß wir auch die übrigen Decken in beiden Gebiete in gleicher Folge übereinander nachweisen können.

Damit wird für das Gebiet der Ostalpen, für welche der Deckenbau noch nicht allgemeine Anerkennung gefunden hat, eigentlich unwiderleglich nachgewiesen, daß auch hier die Überfaltungshypothese zu Recht besteht, und es ist als außerordentlich glücklicher Umstand zu betrachten, daß wir im Antirhätikon einen Blick in dieses Fenster tun können, und damit durch die Hülle zu sehen vermögen, welche dann weiter östlich im größten Teil der zentralen Ostalpen alle tieferliegenden tektonischen Glieder verdeckt.

Nach kurzer Darlegung der weitgreifenden Regionaltektonik soll noch mit wenigen Worten auf die **Lokaltektonik** eingegangen werden, welche für das in Rede stehende Gebiet gleichfalls sehr bezeichnend ist.

Vor allem zeigen die Schiefer, und von Schiefer ist ja der weitaus größte Teil des »Fensters« erfüllt, außerordentlich starke Pressung, Fältelung, Stauchungserscheinungen im kleinen, wie intensive Faltung und Schuppung im großen. — Wir erwähnten schon, daß die scheinbar große Mächtigkeit der Schiefermassen auf mehrfache Wiederholungen durch Schuppung und Faltung zurückzuführen ist.

Als Schuppung fasse ich z. B. den, von Osten gesehen, 3fach terrassierten Bau von Piz Chamins—Piz Vadret—Piz Roz auf.

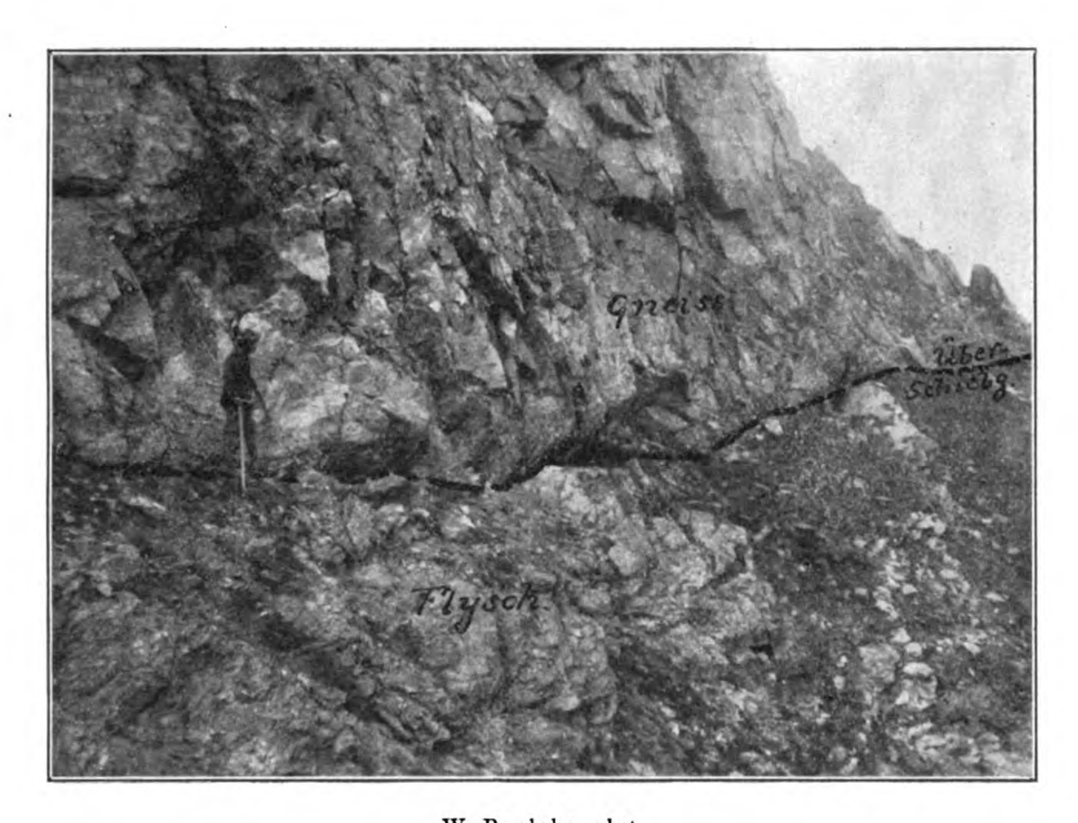
Berge wie Breite Krone, Muttler u. a. zeigen deutliche Wiederholungen der Schichten durch Faltung.

Die mehr oder weniger plastischen Schiefer der Bündnerdecke sind dabei, wie es scheint, im Streichen so ziemlich in Zusammenhang geblieben. Dagegen weist die über den Schiefern liegende Brecciendecke mit ihren harten Liaskalken sehr starke Zerreißungen auf, so daß diese Kalkmassen oft als vereinzelte Riesenblöcke aneinander vorbeigeschoben worden sind. An diesen Kalken erkennt man besonders gut den Einfluß der Lokaltektonik, welche nach meiner Auffassung dem Gebiet aufgeprägt wurde, als schon beträchtliche Abtragungen höherer Decken, besonders der ostalpinen, stattgefunden hatten, sodaß die tieferen Deckenglieder nicht mehr unter dem Druck sämtlicher Decken disloziert wurden. Es erfolgten unter dem geringeren Druck deshalb leichter Zerreißungen spröder Gesteine, und die Lokaltektonik paßte sich in ausgesprochenem Maße der Gestalt der durch Abtragung entstehenden Fensteröffnung an.

Es scheint, als ob nach der Öffnung des Fensters durch erosive Vorgänge bei der zweiten Dislokationsphase, welche die Alpen betraf, ein konzentrischer Schub von den Randgebieten gegen die entlastete Fenstermitte stattgefunden hat, sodaß der periklinale Bau noch schärfer akzentuiert wurde, sodaß Durchstechungen der Gesteinsmassen, eventl. sogar verschiedener Decken, sowie Aufschuppungen lokal erfolgten.

So sehen wir z. B. die Schiefer des Piz Roz—Vadret—Chamins z. T. normal unter die Trias des Stammerspitz hinunterbiegen, z. T. würde die Verlängerung ihrer Schichtköpfe über den Stammgipfel weggehen; die Einfaltungen der ostalpinen Trias in die Bündnerdecke ziehen sich dann weit ins Samnaun bis gegen Compatsch hinab, sofern hier nicht die Trennung zweier Bündnerdecken durch ein Triasband vorliegt, was nach Beschaffenheit der Trias aber unwahrscheinlich ist.

Wir sehen weiter an der Grenze gegen die Silvretta den erwähnten Liaszug der Brecciendecke vollkommen zerrissen, und es hat den Anschein, als ob ein Druck von der Silvretta her diesen Vorgang verursacht hätte; stellenweise sieht es aus, als ob die Liasklötze regellos in den Flysch von Riesenhänden eingespitzt oder darüber hingewürfelt worden wären (s. Tafel II).



W. Paulcke, phot.

Überschiebung von Gneiss der ostalpinen Decke auf Flysch
am Rande des Fensters im Fimbertal (Ostbasis des Bidnerspitz)

Auffallend ist ferner, daß an den Stellen, wo die erwähnten kleinen Nebenfenster nach Westen offen sind, vielfach, wie das Einfallen und Auskeilen zeigt, ein lokaler Schub gegen die Entlastungsstellen stattgefunden zu haben scheint.

Stellen besonders bezeichnender Dislokationen sind diejenigen, wo die kristalline Umrandung des großen Unterengadiner Fensters scharfe Umbiegungen zeigt. Eine solche Stelle maximal entwickelter lokaler Störungen scheint die S.W.-Ecke bei Ardetz zu sein, eine ebensolche Stelle ist die N.W.-Ecke am Flimspitz, wo eine kräftige Störung zwischen Bürkelkopf und Flimspitz durchsetzt. Ich hatte schon vor Jahren diese gesetzmäßig lokalisierten Störungen im Antirhätikon erkannt, und ähnliche Dislokationen auch für die zu der Flimspitzgegend spiegelbildlich gelegene Ecke am Grubenpaß im Rhätikon, wo v. Seidlitz sie inzwischen[1] gefunden hat, vorausgesagt.

Zu erwähnen ist noch, daß sich außer dem Stammerspitz (Tafel I u. Profil I Tafel V) noch andere »klippen«artige Überschiebungsreste verschiedener Decken finden.

So sehen wir Reste der Rhätischen Decke in Gestalt basischer Eruptiva vielfach zerstreut, z. B. an den Osthängen des Fimbertales; westlich des Piz Munschuns am Matschiberlesattel etc.

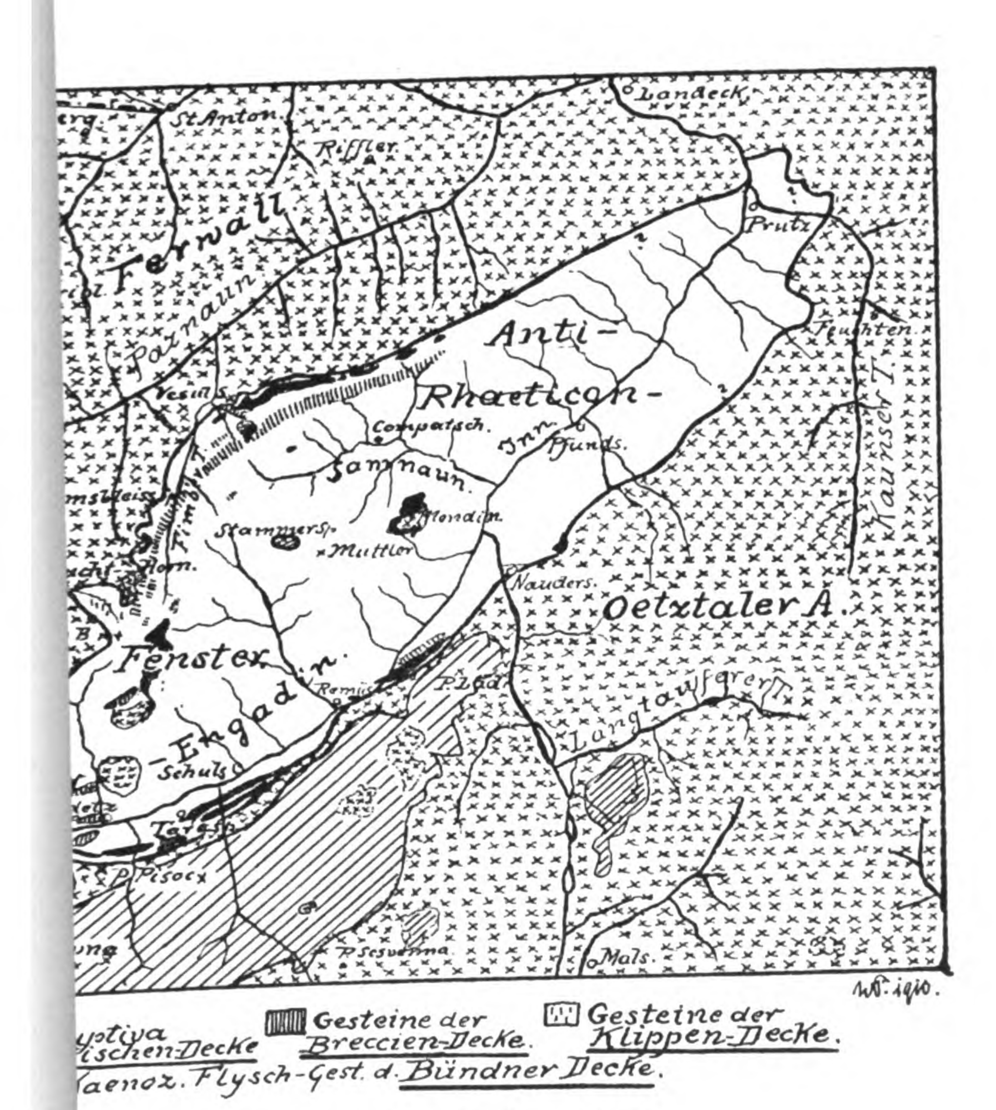
Liasklippen der Brecciendecke finden sich z. B. weit im Innern des Fensters, am Inner Viderjoch und an der Fuorcla Lavèr.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß meine Arbeiten ergeben haben, daß das Antirhätikon fraglos ein »Fenster« ist, für welches die stratigraphischen Befunde ergeben haben, daß das Deckenschema, welches G. Steinmann für das übrige Graubünden aufstellte, zu Recht besteht. — Ich fügte als weitere Decke die Bündnerdecke hinzu, welche ich der Niesenflyschdecke gleichsetzte. Tiefere Bündnerdecken sind wahrscheinlich vorhanden, und im westlichen Bünden zu verfolgen. — Weiter ist eine ausgesprochene, von der Gestalt des Fensters und der petrographischen Beschaffenheit der dasselbe erfüllenden Sedimente abhängige Lokaltektonik nachweisbar.

[1] Vergl. v. Seidlitz, Geolog. Untersuchungen im östlichen Rhätikon. Berichte der Naturf.-Gesellschaft Freiburg i. B. Bd. XVI, 1906.

Eine Beigabe von Kartenmaterial und reichlichen Profilzeichnungen muß leider notgedrungen in dieser Publikation eines allgemein gehaltenen Vortrags unterbleiben; sie wird in der ausführlichen Veröffentlichung der hier in Kürze geschilderten Forschungsergebnisse erfolgen.

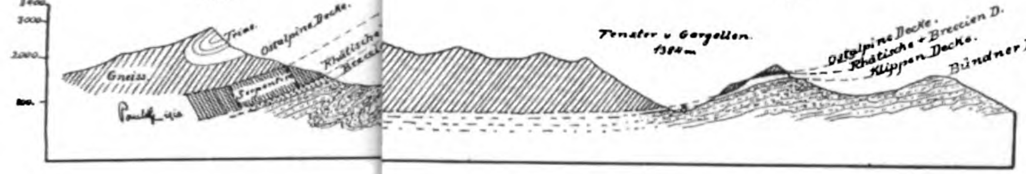
Als das Hauptergebnis der Untersuchungen im »Unterengadiner Fenster« möchte ich die Tatsache bezeichnen, daß die gewonnenen Befunde auch für diese wichtige, weit im ostalpinen Gebiet gelegene Region, die stärksten Beweise für die Hypothese des Deckenbaues der Alpen gebracht haben; ich selbst habe mich, durch die Tatsachen gezwungen, von einem Gegner dieser Auffassung des Alpenbaues zu einem überzeugten Verteidiger desselben bekehrt, und versuchte, auch einen kleinen Beitrag zur Erkenntnis der Entstehung dieses herrlichen Gebirges zu geben.



diner Fensters und seiner Nachbargebiete

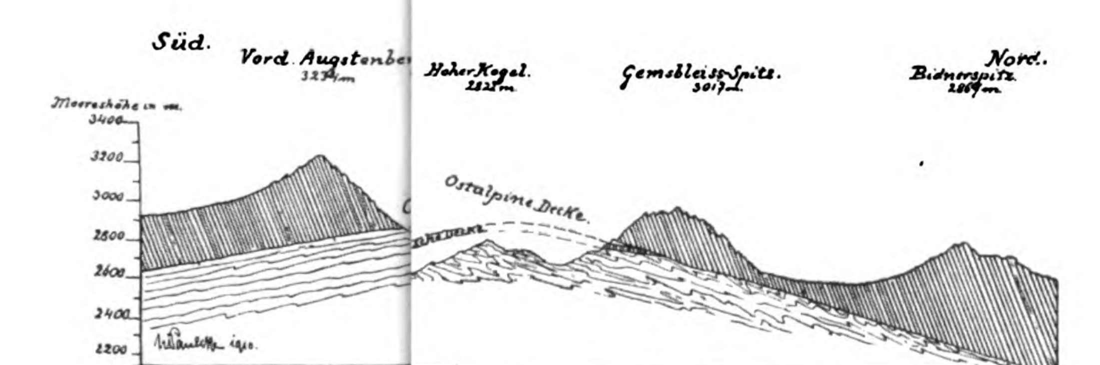
chnet von W. Paulcke





Ost nach West.

.)



on).

Das Relativitätsprinzip

der neue Fundamentalsatz der Physik

von

O. Lehmann

Charakteristisch für jedes Lebewesen ist die Fähigkeit Reize zu empfinden und seine Tätigkeit entsprechend diesen Empfindungen so zu gestalten wie es zum Zweck der Selbsterhaltung und des Wohlbefindens nötig ist. Weitaus überragt alle lebenden Geschöpfe der Mensch durch sein Selbstbewußtsein und die Fähigkeit, Naturvorgänge zu begreifen, d. h. sie durch sein eigenes Ich, seine eigene Kraft hervorgebracht zu denken, ja sogar das Kommende mit mehr oder minder großer Sicherheit voraus zu berechnen.

Die älteste Zeit, von welcher wir Kunde haben, vermutete als treibende Ursachen überall in der Natur unsichtbare, ähnlich uns selbst willkürlich schaltende Dämonen. Um Schädliches abzuhalten, blieb also nur übrig, sich diese durch Opfer und Bitten günstig zu stimmen.

Doch daß nicht alles in der Natur willkürlich ist, daß z. B. die Gestirne in ihrem Lauf festen Regeln folgen, konnte nicht verborgen bleiben und durch das Bestreben, alle solche Gesetzmäßigkeiten nach Maß und Zahl festzustellen, entstand die Physik im weiteren Sinne, die Naturwissenschaft; anfänglich in innigster Verbindung mit dem Kultus der Naturgottheiten, im alten Babylonien als Magie bezeichnet, so wie dieser Kultus selbst.

Die bereits von Dungi I 2650 v. Chr. eingeführte Längeneinheit, die babylonische Doppelelle, war fast gleich unserem heutigen Meter (0,993 m), ebenso die Zeiteinheit unserer heutigen Sekunde und die Gewichtseinheit, die schwere babylonische Mine, gleich dem Kilogramm (0,9924 kg).

Mit solchen Einheiten scheint es möglich, die Naturvorgänge völlig exakt zu beschreiben und auf die gewonnenen Zahlen

Berechnungen zu gründen; doch ist auch klar, daß die Sicherheit solcher Berechnungen sehr wesentlich davon abhängen muß, inwieweit das Bild, welches wir uns von den Naturvorgängen machen, sich diesen wirklich anpaßt. Stellen wir uns, wie es in ältester Zeit geschah, die Erde vor als eine große Scheibe überdeckt von dem Himmelsgewölbe, an welchem Sonne und Sterne, nach deren Lauf wir die Zeit bestimmen, auf- und untergehen, so werden wir bald Differenzen der Zeitbestimmungen erhalten, wenn wir uns einer einmal nach der Sonne regulierten Uhr bedienen und diese von Ort zu Ort mit uns führen. Eine schöne Illustration bildet die verlorene und schließlich wegen der Zeitdifferenz doch gewonnene Wette in Jules Verne's Reise um die Welt in 80 Tagen!

Auch die Vorstellung, die am Himmelsgewölbe gesehenen Vorgänge fänden gleichzeitig statt, ist ein großer Irrtum bezüglich der Zeit. Wir sehen, weil das Licht zur Fortpflanzung Zeit braucht, die Sonne nicht so wie sie ist, sondern wie sie vor 8 Minuten war, den Sirius so wie er vor 10 Jahren war, die entferntesten Fixsterne so wie sie vor 5000—7000 Jahren waren.

Völlig zuverlässig scheint die Bestimmung einer Stoffmenge mit Hilfe der Wage. Gäbe es nur eine Art Stoff, so brauchten wir dieselbe überhaupt nicht; es würde genügen anzugeben, wieviel das Volumen des Stoffes in Kubikmetern beträgt. Doch schon bei Heu oder Baumwolle ist die Stoffmenge im Kubikmeter sehr verschieden, je nachdem das Material lose oder zusammengepreßt ist. Das Gewicht, d. h. die Kraft, mit welcher es von der Erde angezogen wird, bleibt aber stets das gleiche, wir vermuten deshalb, das Gewicht sei das richtige Maß der Stoffmenge oder »Masse«. Da 1 cbm Blei etwa 11 mal soviel wiegt als 1 cbm Holz, sagen wir die Dichte von Blei sei die 11 fache von derjenigen des Holzes. — Könnte dies aber nicht daher rühren, daß Blei bei gleicher Stoffmenge 11 mal stärker von der Erde angezogen wird als Holz? Dieser Meinung, es gebe Stoffe, die weniger als andere angezogen werden oder gar nicht (kalte Luft) oder die gar abgestoßen werden (heiße Luft), die Anziehung entspreche also nicht immer der Masse, war noch Aristoteles, jener bekannte Lehrer Alexanders des Großen, welcher 347—393 im Lyzeum in Athen dozierte und das erste Lehrbuch der Physik schrieb, das sehr lange z. B. in unserem physikalischen Institut (damals in Durlach) noch bis 1674 in Gebrauch war.

Aristoteles vermutete bereits, die Erde habe die Form einer Kugel, doch nahm er an, Sonne und Sterne bewegten sich um sie in kreisförmigen Bahnen, so wie es uns scheint. Die Kreisbewegung schien ihm die natürliche Bewegung der Körper. Erst Kopernikus (1543) deckte den Irrtum auf. Er zeigte, daß sich nicht die ganze Welt um die kleine Erde dreht und Galilei (1638), den man wohl als den eigentlichen Vater der Physik bezeichnet, erkannte das Trägheitsgesetz, daß nämlich die natürliche Bewegung die geradlinige ist und die »Masse« oder Trägheit eines Körpers gegeben sei durch den Quotienten seines Gewichtes und der Fallbeschleunigung, welch letztere vom Pol gegen den Äquator hin abnimmt. Alle Körper fallen gleich schnell, die spezifische Attraktionskraft der Erde auf Blei ist somit ebensogroß wie die von Holz; das verschiedene Gewicht kann nur durch verschiedene Masse bedingt sein[1]. So entstand die wichtige Bewegungsgleichung $K = m \cdot \frac{\partial^2 s}{\partial t^2}$ in Worten: Die »Kraft« K ist gleich der Masse m mal der Beschleunigung $\frac{\partial^2 s}{\partial t^2}$, wenn ∂s der in der Zeit ∂t zurückgelegte Weg ist.

Da die Fallbeschleunigung vom Orte abhängt, somit die Einheit der Masse, das Kilogramm, eine irreleitende »Krafteinheit« ist, benutzt man zweckmäßiger die Dezimegadyne d. h. die Kraft, welche 1 kg die Beschleunigung 1 Meter pro Sekunde in der Sekunde erteilt. Fällt ein Körper, so leistet die Schwerkraft Arbeit. Als Arbeitseinheit ergibt sich naturgemäß das Joule, die Arbeit einer Dezimegadyne auf der Strecke 1 Meter und als Leistungseinheit die Arbeit von 1 Joule pro Sekunde, das Watt.

Versuche zur Konstruktion eines Perpetuum mobile haben nun zur Erkenntnis geführt, daß die Arbeitsfähigkeit oder Energie eine sich stets gleichbleibende Größe ist, wenn sie auch Wandlungen erleiden kann. So erhält der fallende Stein durch die Arbeit der Schwere Bewegungsenergie auf Kosten von Energie der Lage, und ist seine Geschwindigkeit v geworden, so ist der Betrag der Bewegungsenergie $\frac{mv^2}{2}$ Joule.

[1] Später ergab sich allerdings die Notwendigkeit der Annahme von Imponderabilien wie z. B. der Elektrizität, d. h. von Massen, welche nicht von der Erde angezogen werden.

Mit Hilfe dieser Maße scheint nunmehr eine absolut genaue Beschreibung mindestens der mechanischen Naturerscheinungen möglich; doch sind noch keineswegs alle Schwierigkeiten beseitigt.

Wer hätte nicht schon in seiner frühesten Jugend zum Himmel aufblickend sich gefragt, wohin wird man gelangen, wenn man in gerader Richtung immer weiter emporsteigt?

Wir sehen die Welt erfüllt von etwa 35 Millionen Sternen, meist kugelförmiger Körper, die einen nahe kugelförmigen Raum von etwa 60 Trillionen Meter Radius erfüllen. Was kommt außerhalb dieses Raumes? Die Erde ist gar nicht fest in dem unfaßbaren Weltraum, sie bewegt sich um die Sonne und mit dieser wahrscheinlich um einen größeren und entfernteren Körper. Oder bewegt sich vielleicht das ganze Sonnensystem in gerader Richtung im Weltraum? Wie sollen wir diese absolute Bewegung feststellen, wo ist ein ruhender Pol in der Erscheinungen Flucht, wie verschaffen wir uns feste Richtungen im leeren Raum?

Ein Achsensystem, auf welches wir die Bewegungen beziehen können, ist leicht beschafft. Es bereitet keine Schwierigkeit, unsere eigene Person unendlich lang und dünn ausgestreckt zu denken zu einer Achse; die beiden Arme rechtwinklig zueinander und zu dieser Achse ausgestreckt und unendlich verlängert geben die beiden anderen Achsen des nötigen Bezugsystems. Aber dieses ruht nur scheinbar, d. h. relativ zur Erde, in Wirklichkeit wandert es im Raum mit der Erde fort und rotiert sogar mit der Erde um deren Achse, die nicht einmal ganz feste Richtung relativ zur Sternenwelt behält.

Nun lehrt unsere Galileische Bewegungsgleichung eine Beziehung zwischen Kraft und Beschleunigung, d. h. Änderung der Geschwindigkeit pro Sekunde, wobei Geschwindigkeit der in einer Sekunde zurückgelegte Weg ist. Wir können aber die wirklich von einem Körper zurückgelegten Wege gar nicht messen, es fehlt ja ein fester Punkt und ein festes Bezugssystem zur Messung absoluter Bewegung. Die Erde, auf welcher unser bewegliches Bezugssystem angebracht ist, schießt mit einer Geschwindigkeit von rund 30000 Metern pro Sekunde relativ zur Sonne durch den Weltraum, d. h. 30mal so schnell als die schnellste Kanonenkugel, ganz abgesehen von ihrer Rotation. Sollte sich

davon bei den physikalischen Erscheinungen gar nichts bemerkbar machen, sollte alles so verlaufen, als ob die Erde sich in absoluter Ruhe befände?

Galilei antwortet hierauf mit »Ja!«. Bewegungen stören sich gegenseitig nicht, jede erfolgt so, als ob die andere nicht vorhanden wäre (Parallelogramm der Geschwindigkeiten). Eben weil in der Bewegungsgleichung die Geschwindigkeit gar nicht vorkommt, sondern nur deren Änderung, ist der gleichmäßige Bewegungszustand der Erde (Translation, nicht die Rotation) ganz ohne Einfluß auf die mechanischen Erscheinungen. Durch sie können keine Kräfte geweckt werden. In der Tat bemerken wir auch in einem ruhig fahrenden Eisenbahnwagen trotz der Geschwindigkeit nichts von der Bewegung, nur wenn eine Kurve durchfahren oder plötzlich gebremst wird, macht sich die Trägheit unserer Masse deutlich bemerklich; ebenso die Rotation der Erde bei Foucaults Pendelversuch.

Dies ist das Galileische Relativitätsprinzip der Mechanik, welches so ausgesprochen werden kann: Es gibt keine mechanische Erscheinung, durch welche wir von gleichmäßiger absoluter Translationsbewegung im Raum Kenntnis erhalten könnten, wir können immer nur relative Bewegungen erfahren und messen. Sind die Koordinaten einer punktförmigen Masse m in einem ruhenden Bezugssystem, dessen x-Achse die Richtung der Bewegung hat, $x\ y\ z$, so wären sie in einem sich stets mit der Geschwindigkeit v bewegenden Bezugssystem zur Zeit t Sekunden $x' = x - vt\quad y' = y\quad z' = z$. Sind die Bewegungsgleichungen, welche die Kraftkomponenten für das ruhende System geben, $K_x = m \cdot \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}\quad K_y = m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\quad K_z = m \frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$ bekannt, so können sie durch die angegebenen Beziehungen auf das bewegte System »transformiert« werden. Das Relativitätsprinzip sagt aus, daß sie durch solche »Galilei-Transformation« keine Änderung erfahren, es treten nur $x'\ y'\ z'$ an Stelle von $x\ y\ z$.

Zu dem Begriff »Kraft« gelangen wir durch die Empfindung der Muskelanstrengung, wenn wir einen Körper in Bewegung versetzen. Wir fühlen, daß unser Ich gemäß unserm Willen die Kraft ausübt; darum können wir jegliche Kraftwirkung nur begreifen, d. h. in Gedanken nachahmen, wenn wir das Agens kennen, welches die Kraft ausübt, den »Träger der Kraft«.

Auf Grund der Kepplerschen Beobachtungen über die Bewegung der Planeten ist Newton 1666 auf Grund von Galileis Bewegungsgesetz zu dem Ergebnis gekommen: Eine Masse von m_1 kg übt auf eine Masse von m_2 kg im Abstând von r Metern die Kraft

$$K = 66{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ Dezimegadynen}$$

aus. Dies ist Newtons berühmtes Gravitationsgesetz. Diesem gemäß zieht die Sonne beständig die Erde an, letztere kann sich nicht der Trägheit folgend geradlinig im Raume weiter bewegen. Wie aber vermag die Sonne jeweils zu bemerken, wo sich die Erde gerade befindet, um eine dem Gesetz entsprechende Kraft auf sie auszuüben? Sie hat ja nicht einmal Augen!

Begreiflich wird die Sache nur dadurch, daß wir annehmen, die Sonne sei von einem »Kraftfeld« umgeben, in welchem an jeder Stelle die dem Abstand entsprechende Kraft in der Richtung des Radius vorhanden ist, so daß die Erde, wenn sie dahin kommt, von der Kraft sofort erfaßt wird. Dieses ganze unendliche Kraftfeld wandert beständig mit der Sonne durch den Weltraum. Ein ganz ähnliches Kraftfeld, nur von geringerer Stärke besitzt auch die Erde. Es dreht sich mit ihr, die äußersten Teile mit unendlicher Geschwindigkeit.

Die Erde vermag deshalb die Sonne anzuziehen. Merkwürdigerweise sagt nun das Gravitationsgesetz aus, diese Kraft der Erde sei genau ebenso groß wie die Kraft der Sonne auf die Erde! Dies ist Newtons Axiom der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung, ein sogenannter selbstverständlicher Satz, obschon in Wirklichkeit nichts weniger als selbstverständlich!

Wer könnte sich übrigens vorstellen, inwiefern die Kraft, losgelöst von ihrem Träger, der Sonne, frei im Kraftfeld wirken soll? Eine Materie kann dort nicht der Träger sein, denn die Kraftfelder von Sonne und Erde durchdringen sich ungehindert, Materien aber können sich nicht durchdringen!

Die Sache wurde noch komplizierter durch Entdeckung der elektrischen und magnetischen Kräfte. Coulomb (1785) fand, daß sich zwei elektrische Ladungen von m_1 bezw. m_2 Coulomb[1] beeinflussen mit der Kraft

$$K = 9 \cdot 10^{9} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ Dezimegadynen}$$

und zwei Magnetpole von m_1 bezw. m_2 Weber[1] mit der Kraft

$$K = 10^7 \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ Dezimegadynen.}$$

Auch für solche elektrische und magnetische Kräfte gilt also das für die Gravitationskraft Gesagte. Zu den sich durchdringenden Gravitationsfeldern kommen noch die (sowohl diese, wie auch sich gegenseitig durchdringenden) elektrischen und magnetischen Felder und alle Felder bewegen sich, trotz ihrer unendlichen Ausdehnung, samt den zugehörigen Körpern durch den Weltraum, ohne sich im geringsten zu stören.

Biot und Savart (1820) fanden weiter, daß ein geradliniger Strom, also auch geradlinig bewegte Elektrizität, ein magnetisches Feld um sich erzeugt, derart, daß ein Pol von m Weber Stärke darum zu rotieren sucht mit der Kraft

$$K = 2 \cdot \frac{m \cdot i}{r} \text{ Dezimegadynen,}$$

wenn i die Stromstärke in Ampere bedeutet, d. h. die Zahl Coulomb, welche pro Sekunde vorbeigehen. Umgekehrt entsteht, wie Faraday (1831) konstatierte, durch bewegten Magnetismus elektrische Spannung oder Strom, und zwar nach demselben Gesetz, so daß wenn i die Stärke des Induktionsstromes ist, falls der Pol m im Abstande r den Leiter umkreist, K die dazu erforderliche Kraft bedeutet.

Kreist die Elektrizität in einer Spule, so entsteht in deren Achse ein magnetisches Feld; verschiebt sich ein Magnet in der Achse der Spule, so wird in dieser ein Strom induziert. Auch hier gilt also das Gesetz von Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung. Dieselbe Kraft erscheint als magnetische, indem sie den Magnetpol bewegt und als elektrische, indem sie den Induktionsstrom erzeugt. Man spricht deshalb von einem »elektromagnetischen Feld«.

Ist der Leiter nicht geschlossen, so daß kein Strom entstehen kann, so tritt an den Enden eine Spannungsdifferenz e hervor, die, gemessen in Volt gleich der Anzahl $\left(\frac{1}{4\pi}\text{ Weber-}\right)$ Kraftlinien ist, von welchen der Leiter pro Sekunde geschnitten wird.

[1] Über diese Einheiten s. O. Lehmann, Leitfaden d. Physik, Braunschweig 1907.

Zu den ursprünglich vorhandenen und bei Erregung von Elektrizität und Magnetismus entstehenden Kraftfeldern kommen also noch solche, die vom jeweiligen Bewegungszustande der Körper abhängig sind, alle bis ins Unendliche ausgedehnt und die übrigen durchdringend; ohne einen Träger, den man sich vorstellen könnte.

Im übrigen kann der Raum nicht einmal als leer angenommen werden. Die Interferenzerscheinungen haben nämlich ergeben, daß das Licht notwendig eine Wellenerscheinung sein muß; die Polarisationserscheinungen, daß die Wellen notwendig transversale sein müssen. Demnach mußte man sich den Weltraum und jeden andern leeren Raum mit einem Medium, dem Äther ausgefüllt denken, in welchem die Wellen fortschreiten. Da die dem Gravitationsgesetz entsprechende Bewegung der Planeten trotz ihrer ungeheueren Geschwindigkeiten keinen merklichen Widerstand erfährt, muß der Äther sehr fein sein, dennoch aber ein fester Körper von weit größerer Elastizität als der Stahl, weil eben in einem gasförmigen oder flüssigen Medium keine Transversalwellen möglich sind. Wollte man nun selbst auch die Existenz eines so feinen hochelastischen festen Körpers zugeben, so wäre doch unverständlich, warum nicht neben transversalen Lichtwellen auch longitudinale zu beobachten sind, deren Existenz schon nach dem Energieprinzip völlig ausgeschlossen ist.

Faraday kam deshalb auf den Gedanken, das Licht möchte nicht eine mechanische, sondern eine elektromagnetische Wellenerscheinung sein, bei der abwechselnd elektrische Verschiebungen magnetische Felder erzeugen und diese wieder elektrische, wie es den oben erwähnten Gesetzen entspricht. Durch Maxwells (1873) theoretische Arbeiten und die berühmten Experimentaluntersuchungen von H. Hertz (1888) wurde schließlich diese »elektromagnetische Lichttheorie« zur Gewißheit erhoben.

Nun pflanzt sich das Licht im leeren Raum mit einer Geschwindigkeit von 300 Millionen Meter pro Sekunde fort. Dasselbe muß somit auch für die elektrischen und magnetischen Felder gelten, wie Hertz durch seine klassischen Experimente bestätigt fand. Daraus folgt zweierlei, daß nämlich der »Äther« auch der Träger der elektrischen und magnetischen Kräfte sein muß und daß diese Kraftfelder sich im allgemeinen nicht ins Unendliche ausdehnen, weil sie sich nur mit der Geschwindigkeit

des Lichtes ausbreiten können. Faraday suchte sich ein genaueres Bild der Kraftträger zu machen, indem er die in jedem Moment tatsächlich vorhandenen Kraftrichtungen durch »Kraftlinien« darstellte und sich diese »Kraftfäden« gewissermaßen als Muskeln dachte, die das Bestreben haben, der Länge nach sich zusammenzuziehen und der Quere nach sich auszudehnen. Weil sie an den Körpern befestigt sind und sich gegenseitig nicht durchdringen können, müssen solche Kraftfäden Kräfte auf die Körper (ponderomotorischen Kräfte) ausüben, wie man sie tatsächlich beobachtet.

Maxwell und später Heaviside (1886) und Hertz (1889) gaben den erwähnten Gesetzen von Biot und Savart (Gesetz I) sowie von Faraday (Gesetz II) solche Form, daß sie diese Vorstellung zum Ausdruck brachten, nämlich (für einen Isolator):

$$\text{I} \quad \frac{d\mu H_x}{dt} = c\left(\frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_x}{\partial y}\right) \qquad \text{II} \quad \frac{d\eta E_x}{dt} = c\left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z}\right)$$

wozu noch je zwei weitere Gleichungen zu schreiben sind, die durch zyklische Vertauschung von x, y, z entstehen. H bedeutet dabei die magnetische, E die elektrische Kraft auf einem Einheitspol mit den Komponenten $H_x\ H_y\ H_z$ bezw. $E_x\ E_y\ E_z$, μ die magnetische Permeabilität, η die Dielektrizitätskonstante, c die Lichtgeschwindigkeit und t die Zeit, alles in CGS-Einheiten gemessen. Dabei mußte angenommen werden, auch der Äther sei elektrisch erregbar wie ein materieller Isolator und Änderung der elektrischen Polarisation könne ebenso ein magnetisches Feld erzeugen wie ein elektrischer Strom oder mechanisch bewegte Elektrizität, ferner bilde stets die elektrische Verschiebung im Äther die gleich starke Fortsetzung eines ungeschlossenen Stromes, die diesen zu einem geschlossenen ergänze.

Natürlich sollten die Gesetze der Mechanik, also insbesondere Newtons Gesetz der »Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung« sowie Galileis »Relativitätsprinzip« durchaus aufrecht erhalten werden, denn man zweifelte nicht an der Begreiflichkeit der Erscheinungen. So sagte Hertz (1894): »Alle Physiker sind einstimmig darin, daß es die Aufgabe der Physik sei, die Erscheinungen der Natur auf die einfachen Gesetze der Mechanik zurückzuführen«. Er erhoffte solche Aufklärung von der Aufdeckung »verborgener Bewegungen«, die Kraftübertragung durch

starre Kuppelungsglieder bewirken, wie etwa bei einer »Nürnberger Scheere«. Insofern nun aber die Kräfte auch auf den Äther wirkten, wenn derselbe elektrisch erregt war, mußte diesem Trägheit zugeschrieben werden, wie gewöhnlicher Materie, d. h. eine Masse, die aber nicht mit der Wage in Kilogrammen zu messen war; und um das Relativitätsprinzip aufrecht zu erhalten, mußte weiter angenommen werden, der Äther bewege sich bei der Bewegung von Körpern vollkommen mit, die Körper seien für den Äther undurchdringlich. Demgemäß müßte also beim Steigen der Säule eines Barometers der im Toricellischen Vakuum befindliche Äther zusammengedrückt werden, doch ist davon nichts zu bemerken. Von der Erde die sich mit 30 000 Meter Geschwindigkeit durch den Raum bewegt, müßte der Äther mitgenommen, auf der Frontseite vielleicht stark verdichtet werden wie die Luft vor einem fliegenden Geschoß. Dies müßte sich bei astronomischen Beobachtungen verraten; doch lassen diese nur eine sog. Aberration des Lichtes erkennen von solcher Größe, als ob der Äther vollkommen ruhte und von der Erde in keiner Weise beeinflußt würde.

Dazu kamen andere Schwierigkeiten. Das Entropieprinzip, die chemischen Erscheinungen und zahlreiche andere, insbesondere aber die Dispersion und Absorption des Lichtes ließen sich nur verstehen unter der Annahme der Molekularkonstitution der Körper sowie von Elektrizitätsteilchen (Elektronen) in den Molekülen und von Äther in deren Umgebung. Bei Bewegung der Materie mußte dieser innere Äther vollkommen mitgenommen werden. Fizeau hat nun sorgfältige Versuche darüber ausgeführt, ob, wie dann der Fall sein müßte, das Licht in fließendem Wasser vom Wasser mitgenommen wird, wie etwa die Schallwellen vom Winde d. h. ob die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in gleichsinnig bewegter Materie um den Betrag dieser Geschwindigkeit vergrößert erscheint. Dabei ergab sich allerdings eine Mitführung, doch keineswegs eine solche von dem erwarteten Betrage; für Luftströme war sie überhaupt nicht vorhanden, wie wenn der Äther auch in stark bewegter Luft vollkommen ruhte!

Tatsächlich gelang es nun H. A. Lorentz[1] auf Grund dieser Hypothesen des vollkommen ruhenden Äthers und der atomistischen

[1] H. A. Lorentz, Encyclopädie d. math. Wissensch. 5 (2), 63 u. ff. 1904.

Struktur der Elektrizität (Elektronentheorie), die Erscheinungen befriedigend zu deuten und den Maxwell-Hertzschen Gleichungen eine Form zu geben, aus welcher ersehen werden konnte, daß die Bewegung der Materie relativ zum Äther unter gewöhnlichen Verhältnissen unmöglich erkannt werden kann.

Schließlich wurde aber merkwürdigerweise doch ein Versuch bekannt, der durchaus unvereinbar war mit der neuen Theorie und die Zuziehung einer sehr eigenartigen Hypothese (der »Lorentzkontraktion«) nötig machte.

Die Längeneinheit, das Meter, ist die Länge eines in Paris aufbewahrten Platinstabs. Die Stoffe erleiden nun Veränderungen ihrer Länge durch Änderungen der Temperatur. Diese Änderungen sind zuweilen teilweise bleibend. Um sicher zu sein, daß das Meter solche Änderungen nicht erleide, mußte man es mit einer unveränderlichen Länge vergleichen. Als solche bot sich die Wellenlänge des Lichtes d. h. einer bestimmten Lichtart, die etwa ein halbes Tausendstel Millimeter beträgt[1]. Vergleichungen wurden von Michelson ausgeführt. Dabei mußte wieder die Frage untersucht werden, wie ändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder die Wellenlänge des Lichtes, wenn der Apparat, der einmal so aufgestellt ist, daß sich das Licht in gleicher Weise wie die Erde bewegt, das andermal, wenn er um 90° gedreht wird. Nahm man in Übereinstimmung mit den genannten Versuchen an, der Äther verhalte sich als ruhend, so mußte man eine gut meßbare Verschiedenheit finden, welche im Gegensatz zu dem Relativitätsprinzip eine Messung der absoluten Geschwindigkeit, mit welcher sich die Erde durch den Raum (den ruhenden Äther) bewegt, zugelassen hätte. Der Gedankengang des Versuchs ist der folgende:

$A \; A' \; A'' \qquad\qquad B \; B'$

Von A gehe ein Lichtstrahl nach dem Spiegel B und werde von diesem nach A zurückgeworfen. Nun bewege sich die Erde so, daß der Spiegel beim Auftreffen des Strahls, welcher im ruhenden Äther fortschreitend zu denken ist, sich bei B' befindet. Der Strahl, dessen Geschwindigkeit nach dem Relativitätsprinzip nicht davon abhängig sein kann, ob die Lichtquelle sich bewegt

[1] A. A. Michelson, Détermination expérimentale de la valeur du mètre en longueurs d'ondes lumineuses, Paris 1894.

oder ruht, hat also die Strecke BB' mehr zu durchlaufen. Bei der Rückkehr findet er aber den Punkt A nicht mehr an seiner Stelle, denn infolge der Erdbewegung hatte sich dieser, als der Strahl bei B' auftraf, bis A' verschoben und bei der Rückkehr des Strahls nach A''. Der Mehrweg den der Strahl zu durchlaufen hat infolge der Erdbewegung ist somit $BB' - A'A''$. Ist die Strecke $AB = a$, die Geschwindigkeit der Erde $= v$, die des Lichtes $= c$, so ergibt sich durch einfache Rechnung $BB' - A'A''$ $= \frac{2a}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \frac{v^2}{c^2}$ falls AB in der Richtung der Erdbewegung liegt. Liegt es dagegen senkrecht dazu, so wird die Differenz $2a \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right)$. Der Unterschied dieser beiden Differenzen ist $a \cdot \frac{v^2}{c^2}$. Dieser Unterschied müßte sich bemerklich machen, wenn man zwei Strahlen, von welchen sich der eine in der Richtung der Erdbewegung, der andere in der Richtung senkrecht dazu fortbewegt hatte, zur Interferenz bringt.

Der Versuch ergab nun das höchst auffallende Resultat, daß eine solche Änderung der Interferenz der Lichtstrahlen nicht auftritt. Das Relativitätsprinzip, welches aussagt, daß wir stets nur relative, niemals absolute Bewegung der Körper beobachten und nachweisen können, gilt somit nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektrodynamik und Optik, also im Gesamtgebiet der Physik.

Bewegt sich z. B. ein Magnet in der Nähe eines ruhenden geschlossenen Leiters, so erzeugt er ein elektrisches Feld, in welchem Energie angehäuft ist, auf deren Kosten in dem Leiter ein Induktionsstrom entsteht. Ruht der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht ein solches elektrisches Feld nicht, es tritt aber eine elektromotorische Kraft auf, die genau denselben aber entgegengesetzten Induktionsstrom erzeugt. Bewegen sich beide zugleich, so heben sich die beiden Induktionsströme auf.

Damit ist ein neuer ungemein wichtiger Fundamentalsatz der Physik gewonnen, der sich hinsichtlich seiner Bedeutung anschließt an den Satz von der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile und dem auch ähnliche Fruchtbarkeit zukommen dürfte, insofern man nur nötig hat, Erscheinungen aufzusuchen, bei welchen sich, wenn auch nur theoretisch, die Existenz absoluter Bewegung z. B. der Erde geltend machen müßte. Der Ansatz, daß ein solcher

Einfluß tatsächlich nicht existieren kann, ergibt sofort ein neues Naturgesetz, ähnlich wie zahlreiche Naturgesetze sich einfach durch den Ansatz ergeben, daß ein Perpetuum mobile nicht existieren kann.

Stellen wir z. B. eine Magnetnadel zwischen die entgegengesetzt geladenen Platten eines ruhenden Luftkondensators, so wird sie natürlich durch die Ladungen nicht beeinflußt. Bewegen sich nun aber die Platten etwa mit der Erde in ihrer Ebene, so muß ein kräftiges Magnetfeld entstehen, dessen Kraftlinien den Platten parallel sind. Das Relativprinzip verbietet aber, daß uns die Magnetnadel das Auftreten dieses Feldes anzeigt, somit muß durch die Bewegung ihrer Pole in dem elektrischen Feld eine genau ebensogroße entgegengesetzte Kraft geweckt werden.

Bei dem Versuch von Michelson müßten die beiden Strahlen, wenn am Apparat alles unverändert bliebe, die Gangdifferenz $a \cdot \frac{v^2}{c^2}$ haben und demgemäß interferieren. Wie gezeigt geschieht dies in Wirklichkeit nicht; somit muß sich infolge der Bewegung der Apparat geändert, er muß sich in der Bewegungsrichtung im Verhältnis $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} : 1$ verkürzt haben! Dies läßt sich natürlich nicht nachweisen, denn es gilt für jeden Stoff und jeden Körper. Ein Meterstab, den wir in die Richtung der Erdbewegung halten, kontrahiert sich, ohne daß wir es bemerken, für einen ruhend gedachten Beobachter auf die Länge $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ Meter, wobei v die Erd- und c die Luftgeschwindigkeit ist. Drehen wir ihn um 90°, so nimmt er wieder die frühere Länge an. Eine Kugel kontrahiert sich zu einem Ellipsoid (Heaviside-Ellipsoid), und falls Lichtgeschwindigkeit erreicht wird, zu einer ebenen Scheibe von gleichem Durchmesser wie die Kugel.

Da die Lichtgeschwindigkeit konstant ist, könnte man wohl denken, es wäre möglich, die nach ihrem Entdecker genannte »Lorentzkontraktion« durch Messung der Lichtgeschwindigkeit nachzuweisen. Dann könnten wir ja aber die absolute Bewegung der Erde nachweisen, was dem Relativitätssatz widerspricht! Es kontrahieren sich folglich nicht nur die Längen, sondern auch die Zeiten!

Nehmen wir an, ein Beobachter bei B habe eine völlig fehlerfreie Uhr, welche genau synchron geht mit der eines Beobachters bei A, wenn sie im ruhenden Zustand damit ver-

glichen wird. Um nun während der Bewegung eine Vergleichung des Ganges vornehmen zu können, müssen etwa so, wie täglich vom Pariser Observatorium durch die Apparate für drahtlose Telegraphie um Mitternacht die richtige Zeit allen auf der See befindlichen Schiffen bis ca. 6000 Kilometer Entfernung durch besondere Zeichen mitgeteilt wird, Signale von *A* nach *B* gegeben werden, wobei natürlich zu berücksichtigen ist, daß diese Signale um die Zeit, welche die elektromagnetische Strahlung brauchte, um die Strecke *A B'* zu durchlaufen, verspätet ankommen. Diese Strecke hat aber für den bewegten Beobachter *B* eine größere Länge als für den ruhenden. Wenn also *B* momentan zurücksignalisiert und *A* die gleiche Korrektion berechnet, so wird dieser einen andern Wert derselben erhalten und folglich glauben, *B* habe nicht die richtige Zeit; dessen Uhr gehe langsamer als die seinige. Man kann, wie man sieht, durch solche telegraphische und optische Signale wohl alle Uhren auf der bewegten Erde in übereinstimmenden Gang bringen, aber einem ruhenden Beobachter scheinen sie im Verhältnis $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} : 1$ langsamer zu gehen als die ruhenden Uhren.

Hat man zwei genau gleich gehende Uhren nebeneinander und bewegt nun die eine auf einer beliebigen Kurve bis wieder zur anderen zurück, welche Bewegung t Sekunden gedauert haben möge, so geht sie gegen diese um $\left(1-\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right) t$ oder annähernd $\frac{1}{2}\, t\, (v/c)^2$ Sekunden zu spät, weil sie während der Bewegung auf langsameren Gang reguliert werden mußte, um mit der ruhenden Uhr in Übereinstimmung zu bleiben.

Durch keinerlei optische Signale u. dgl. von einer ruhenden Station aus können wir dieses Langsamergehen der bewegten Uhren konstatieren, dies widerspräche eben dem Relativitätsprinzip, denn man könnte so die absolute Bewegung konstatieren.

Da nach diesem Prinzip überhaupt auch jede Möglichkeit ausgeschlossen ist, absolute Bewegung zu definieren, entfällt vor allem die Existenz des Äthers vollständig, obschon noch 1902 der hervorragende Physiker Chwolson in seinem großen Lehrbuch der Physik schreiben konnte: »Die Wahrscheinlichkeit der Hypothese von der Existenz dieses einen Agens (des Äthers) grenzt außerordentlich nahe an Gewißheit«.

Der Äther mußte nach dem Gesagten als absolut ruhend gedacht werden, während das Relativitätsprinzip auch den Begriff der absoluten Ruhe als undefinierbar zurückweist. Denken wir uns den Weltraum ganz leer, nur mit Äther erfüllt, so gibt es keinerlei Marke, nach welcher wir den Ruhezustand des Äthers beurteilen könnten. Somit ist die Existenz des Äthers unannehmbar.

Mit dem Äther zerrinnt aber weiterhin die Grundlage der Faraday-Maxwell-Hertzschen »Ätherkraftfeldertheorie« in Nichts; diese Theorie ist ebenso unhaltbar geworden wie die alte Newton-Coulombsche Fernewirkungstheorie.

Es entfällt ferner auch die Grundlage der Auffassung von H. A. Lorentz, welcher glaubte, die Kontraktion der Längen in der Bewegungsrichtung auf Änderung der Molekularkräfte bei der Verschiebung der Moleküle in dem ruhenden Äther zurückführen zu können und ebenso den verlangsamten Gang der Uhren auf Änderung der Elastizität der Feder der Unruhe usw. Die Änderungen der Längen und Zeiten sind gar keine wirklichen, sondern nur scheinbare, beruhend auf unserer Unfähigkeit absolute Größen zu messen, wie zuerst der Entdecker des neuen Relativitätsprinzips, Einstein in Bern, im Jahre 1905 erkannte[1]. Befindet sich z. B. ein Beobachter in einem Eisenbahnzug, der andere außerhalb und besitzen beide Meterstäbe, die sie genau übereinstimmend befunden haben, so wird, falls der Zug in Bewegung ist und die Vergleichung nochmals vorgenommen werden könnte, der ruhende Beobachter glauben, der Meterstab des andern habe sich verkürzt. Umgekehrt wird der fahrende behaupten, der ruhende Meterstab sei kürzer geworden, denn welcher Beobachter sich wirklich (absolut) bewegt, kann eben nicht entschieden werden, man kann sowohl den einen wie den andern absolut ruhend denken. Analoges wird sich zeigen bei Vergleichung der beiderseitigen Uhren. Jeder Beobachter wird dem andern vorwerfen, dessen Uhr sei nicht richtig reguliert, sie gehe zu langsam!

Wir sehen hieraus, daß die fundamentalen Größen Länge und Zeit, d. h. die Zahlen, die wir durch Benutzung unserer Einheiten finden, keineswegs die absolute Sicherheit haben, welche

[1] A. Einstein, Anm. d. Phys. 17, 891; 18, 639, 1905.

eingangs als selbstverständlich vorausgesetzt wurde. Nur vereinigt bestimmen sie absolute Größen, wie z. B. die Lichtgeschwindigkeit. »Von Stund an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren«, äußerte sich in einem Vortrage auf der Naturforscherversammlung in Köln 1908 der verstorbene Göttinger Mathematiker Minkowski, dem es gelungen ist, die Relativitätstheorie in eine elegante mathematische Form zu bringen[1].

Wie schwer es ist, sich an diese neue Art der Auffassung zu gewöhnen, erfuhr schon Einstein selber, welcher sagt, er habe wochenlang nachdenken müssen, bis ihm die Resultate seiner Formeln nicht mehr widersinnig vorgekommen seien. Minkowski bezeichnete seine eigene Auffassung als »Verwegenheit mathematischer Kultur«! M. Planck in Berlin sagt: »Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß diese neue Auffassung des Zeitbegriffs an die Abstraktionsfähigkeit und an die Einbildungskraft des Physikers die allerhöchsten Anforderungen stellt. Sie übertrifft an Kühnheit wohl alles, was bisher in der spekulativen Naturforschung, ja in der philosophischen Erkenntnistheorie geleistet wurde; die nichteuklidische Geometrie ist Kinderspiel dagegen. Und doch beansprucht das Relativitätsprinzip im Gegensatz zur nichteuklidischen Geometrie die bisher nur für die reine Mathematik ernstlich in Betracht kommt, mit vollem Recht reelle physikalische Bedeutung. Mit der durch dies Prinzip im Bereiche der physikalischen Weltanschauung hervorgerufenen Umwälzung ist an Ausdehnung und Tiefe wohl nur noch die durch Einführung des Kopernikanischen Weltsystems bedingte zu vergleichen.«

Indem die Einstein-Minkowskische Relativitätstheorie auf die Existenz eines Äthers verzichtet, verzichtet sie damit selbstverständlich auch auf jede Möglichkeit, die elektrodynamischen und optischen Erscheinungen mechanisch zu begreifen, das »Wesen von Elektrizität und Magnetismus« zu ermitteln. Wir haben im elektromagnetischen Feld wohl Kräfte, aber keine Träger derselben, wir können nur sagen, sie sind vorhanden, wir sind aber nicht imstande in Gedanken unser eigenes Ich als Träger zu setzen.

[1] Es sei verwiesen auf H. Minkowski, Nachr. d. K. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen (21. Dez. 1907) 1908, und M. Born, Math. Ann. **68**, 526, 1910.

Demnach wird man zweckmäßiger auf den Begriff »Kraft« ganz verzichten und z. B. das Gravitationsgesetz so aussprechen:

$$g = 66{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{m_1}{r^2} \qquad \frac{\text{Meter}}{\text{Sekunde}^2}$$

oder das Coulombsche Gesetz

$$g = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{m_1 m_2}{M \cdot r^2} \qquad \frac{\text{Meter}}{\text{Sekunde}^2}$$

wenn M die Masse des durch die elektrische Kraft bewegten Körpers in Kilogramm ist, g dessen Beschleunigung.

Das eigentliche Ziel der Physik, exakte Beschreibung der Naturerscheinungen, welche Berechnung des Kommenden ermöglicht, wird dadurch nicht berührt, im Gegenteil ergeben sich durch Anwendung des Relativitätsprinzips, wie schon erwähnt, eine Menge neuer quantitativer Beziehungen.

Beispielsweise kann man sagen, so wenig wie optische Signale, könnten auch andere, etwa akustische, dazu dienen, die Übereinstimmung der Längen und Zeiten für bewegte und ruhende Beobachter zu konstatieren, d. h. wir müssen annehmen, daß sich auch die Schallgeschwindigkeit entsprechend der Bewegung ändert (aber nicht für einen mitbewegten Beobachter). Selbst die Benutzung der Planetenbewegung würde uns nicht zum Ziele führen können, d. h. auch die Gravitationskraft muß sich mit der Bewegung für einen ruhenden Beobachter in dem Sinne ändern, daß sie nicht, wie Newton glaubte, überall sofort in richtiger Stärke auftritt, sondern eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzt ähnlich wie die elektrischen und magnetischen Kräfte.

Die Maxwell-Hertzschen Gleichungen müssen dem Relativitätsprinzip entsprechend in eine andere Form gebracht werden. In besonders übersichtlicher Weise ist dies Minkowski gelungen, indem er die Zeit ebenfalls als Koordinate behandelte, welche in Metern gemessen werden kann. Multipliziert man nämlich die Zeit mit der Lichtgeschwindigkeit, so erhält man den »Lichtweg«. So kann man z. B. statt 1 Sekunde sagen $3 \cdot 10^8$ m, denn in 1 Sekunde legt das Licht $3 \cdot 10^8$ m zurück. In diesem Sinne könnten sich zwei Freunde verabreden, wir treffen uns nach etwa einer Billion Meter, womit sie meinen, nach etwa einer Stunde,

denn in einer Stunde schreitet ein Lichtstrahl um etwa 10^{12} m fort. Man kann diese vierte Koordinate ganz ähnlich behandeln wie die übrigen, d. h. so, als hätte der Raum vier Dimensionen.

Ist z. B. ein Punkt gezwungen, sich in einer Ebene zu bewegen, in welcher seine Koordinaten x und y sind, so könnte die Zeit durch den Lichtweg in der Art ausgedrückt werden, daß man die Ebene um die Strecke ct in Richtung ihrer Normalen verschiebt. Die Bewegung des Punktes würde dann dargestellt durch eine Raumkurve, deren Gleichung eine Beziehung zwischen x y und ct ist. Man kann aber eventuell ct als dritte Koordinate z auffassen und kann x y und z beliebig vertauschen, d. h. als gleichwertig betrachten. Gleiches gilt für die »Weltlinie« eines »Raumzeitpunktes«, dessen Koordinaten x y z und ct (od. $i.\ ct$) sind. In einem solchen vierdimensionalen Raum herrscht natürlich ewige Ruhe; die ganze Lebensgeschichte eines jeden Punktes erscheint als unendlich lange Raumkurve und die Naturgesetze präsentieren sich als geometrische Beziehungen zwischen den den Raum erfüllenden Weltlinien, Auch hier bleibt eine gewisse Freiheit, welche Koordinaten man als Zeitkoordinaten betrachten will. So werden beispielsweise die Komponenten der Geschwindigkeit:

$$dx/d\tau \quad dy/d\tau \quad dz/d\tau \quad dt/d\tau$$

worin τ die Ortszeit, d. h. die von der bewegten Uhr, t die von der ruhenden Uhr angebene Zeit bedeutet. Die Komponenten der Beschleunigung sind entsprechend:

$$d^2x/d\tau^2 \quad d^2y/d\tau^2 \quad d^2z/d\tau^2 \quad d^2t/d^2\tau$$

Sind XYZ die gewöhnlichen Kraftkomponenten, so werden die neuen:

$$R_x = \frac{dt}{d\tau} X \quad R_y = \frac{dt}{d\tau} Y \quad R_z = \frac{dt}{d\tau} Z \quad R_t = \frac{1}{\tau^2}\left(\frac{dx}{d\tau} X + \frac{dy}{d\tau} Y + \frac{dz}{d\tau} Z\right)$$

und die Bewegungsgleichungen:

$$m \frac{d}{d\tau} \frac{dx}{d\tau} = R_x \quad m \frac{d}{d\tau} \frac{dy}{d\tau} = R_y \quad m \frac{d}{d\tau} \frac{dz}{d\tau} = R_z \quad m \frac{d}{d\tau} \frac{dt}{d\tau} = R_t$$

Die Masse ist keine konstante Größe, wie früher angenommen wurde, sondern hängt von der Geschwindigkeit und von dem

schon vorhandenen Bewegungszustand ab, d. h. davon, ob der Masse eine Beschleunigung in der Richtung der vorhandenen Bewegung erteilt werden soll, oder senkrecht dazu. Die erstere, die longitudinale Masse ist, wenn m_0 die Ruhmasse bedeutet, $\frac{m_0}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^3}}$, die andere, die transversale Masse ist $\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. Für Lichtgeschwindigkeit wird die Masse unendlich. Die kinetische Energie ist $\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2 + \ldots$, d. h. das gewöhnliche Maß, das Produkt $\frac{1}{2} mv^2$, ist nur ein Teil des ganzen Ausdrucks. Im vierdimensionalen Raum von Minkowski ist die kinetische Energie $m\left(\frac{dt}{d\tau} - 1\right)$, d. h. das Produkt der Masse des bewegten Punktes mit dem Vorgehen der ruhenden Uhr gegen eine mitbewegte Uhr.

Alle Sätze der Mechanik lassen sich mittels des Relativitätsprinzips aus dem Gesetz der Erhaltung der Energie ableiten, erleiden aber Änderungen. Z. B. gilt nicht mehr einfach das Gesetz vom Parallelogramm der Geschwindigkeiten, denn niemals kann eine größere Geschwindigkeit als die Lichtgeschwindigkeit resultieren. Die Lichtgeschwindigkeit, d. h. diejenige bei welcher Atome und Elektronen zu unendlich dünnen Platten kontrahiert erscheinen, ist die größte denkbare Geschwindigkeit.

Die Maxwell-Hertzschen Gleichungen werden, wie schon Lorenz und Einstein abgeleitet haben:

$$\text{I} \quad c \operatorname{rot} \mathfrak{H} - \frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} = \mathfrak{J} + \eta \varrho \qquad \text{II} \quad \operatorname{div} \mathfrak{D} = \varrho$$

$$\text{II} \quad c \operatorname{rot} \mathfrak{E} + \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t} = 0 \qquad \text{IV} \quad \operatorname{div} \mathfrak{B} = 0$$

Darin bedeuten $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{D}$ elektrische Kraft (Feldstärke) und elektrische Erregung (Polarisation, Ladung); $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{B}$ magnetische Kraft (Feldstärke) und magnetische Erregung (Induktion), $\mathfrak{J}$ Leitungsstrom, ϱ Dichte der (wahren) Elektrizität, η Geschwindigkeit der Materie, c Geschwindigkeit des Lichtes und t Zeit. Ferner bedeuten[1]:

[1] Bezüglich der Bezeichnungen rot und div siehe A. Föppl-M. Abraham, Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität, 3. Aufl., Leipzig 1907, S. 4, oder R. Gans, Einführung in die Vektoranalysis, 2. Aufl., Leipzig 1909.

$$\operatorname{rot}\mathfrak{A} = \left(\frac{\partial\mathfrak{A}_z}{\partial y} - \frac{\partial\mathfrak{A}_y}{\partial z}\right)\mathfrak{i} + \left(\frac{\partial\mathfrak{A}_x}{\partial z} - \frac{\partial\mathfrak{A}_z}{\partial x}\right)\mathfrak{j} + \left(\frac{\partial\mathfrak{A}_y}{\partial x} - \frac{\partial\mathfrak{A}_x}{\partial y}\right)\mathfrak{k},$$

wobei $\mathfrak{i}\,\mathfrak{j}\,\mathfrak{k}$ die Richtungskosinusse sind (Rotation bei in sich zurücklaufenden, z. B. konzentrischen Kraftlinien, Wirbel, curl) und:

$$\operatorname{div}\mathfrak{B} = \frac{\partial\mathfrak{B}_x}{\partial x} + \frac{\partial\mathfrak{B}_y}{\partial y} + \frac{\partial\mathfrak{B}_z}{\partial z}$$

(Divergenz bei radial verlaufenden Kraftlinien, Quellen, Senken).

Dazu kommen noch Nebenbedingungen, speziell für isotrope Körper:

$$\mathfrak{D} + \frac{1}{c}(\eta\mathfrak{H}) = \varepsilon\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}(\eta\mathfrak{B})\right) \quad \text{und}$$

$$\mathfrak{B} - \frac{1}{c}(\eta\mathfrak{E}) = \mu\left(\mathfrak{H} - \frac{1}{c}(\eta\mathfrak{D})\right)$$

wenn ε die Dielektrizitätskonstante und μ die Permeabilität bedeuten[1].

Sind die Koordinaten eines ruhenden Raumzeitpunktes in einem ruhenden Bezugssystem $x\,y\,z\,t$, in einem (entsprechend der oben besprochenen Galilei-Transformation) mitbewegten $x'\,y'\,z'\,t'$, so bestehen die Transformationsgleichungen: $x' = \beta(x - vt)$ $y' = y$ $z' = z$ $t' = \beta\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)$, worin $\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ und das Relativitätsprinzip sagt aus, daß durch eine solche »Lorentz-Transformation« die physikalischen Gesetze keine Änderung erleiden, was für die obigen und die Minkowskischen Formeln zutrifft.

Neben Länge und Zeit bilden nach bisheriger Auffassung, wie eingangs gezeigt, die »Masse« und die »Energie« fundamentale absolute Größen. Auch diese fallen als solche nach dem Relativitätsprinzip.

Das Gesetz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung läßt sich nach Beseitigung des Hertzschen trägen Äthers nur durch Einführung der elektromagnetischen Bewegungsgröße aufrecht erhalten[2]. Ein Licht strahlender Körper erleidet durch

[1] Alles in den von Lorentz (a. a. O.) gewählten *CGS*-Einheiten. Um zu Coulomb, Ampère usw. überzugehen, müssen die $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{H}$ mit $10^{-1}\sqrt{4\pi\cdot c}$ multipliziert werden.

[2] M. Abraham, Ann. d. Phys. **10**, 105, 1903.

die Strahlung einen Druck; der Gegendruck erfolgt erst, wenn diese einen absorbierenden Körper erreicht; demgemäß muß der Strahlung ebenfalls eine Druckkraft, eben die elektromagnetische Bewegungsgröße, zugeschrieben werden.

Die Masse, obschon bisher, wenigstens in Form der wägbaren Masse, ein Grundpfeiler der Chemie, genügt nicht mehr dem Gesetz der Erhaltung des Stoffs, denn sie ändert sich mit der in ihr enthaltenen Energie.

Verliert ein strahlender Körper die Energiemenge ΔE, so verliert er infolgedessen gleichzeitig an Masse den Betrag $\Delta E / c^2$, wenn c die Lichtgeschwindigkeit. Bei der Absorption nimmt die Masse des absorbierenden Körpers um eben so viel zu. Masse und Energie erscheinen also äquivalent, ähnlich wie Wärme und Energie. Gleiches gilt in andern Fällen von Energieänderung.

Demgemäß erfordert das Relativitätsprinzip eine Umgestaltung der Thermodynamik. Temperatur und Energie sind ähnlich wie das Volumen eines Körpers vom Bewegungszustand abhängig, Druck und Entropie dagegen werden davon nicht beeinflußt! Jede Abgabe von Wärme bedingt Abnahme der Trägheit, wenn auch nur sehr wenig. Ist ein Körper von Strahlung erfüllt — und solche entsteht immer, sobald ein Elektron seinen Bewegungszustand ändert —, so muß, falls derselbe in Bewegung gesetzt wird, die bewegende Kraft Arbeit leisten gegen den Strahlungsdruck wie gegen eine träge Masse. Die Energie des Körpers ist also nicht einfach die Summe seiner Wärme und Bewegungsenergie. An Stelle des Prinzips der Erhaltung der Energie muß das Prinzip der kleinsten Wirkung[1] verwendet werden.

Zum Verständnis des Begriffs Masse, insbesondere der Erscheinungen der Kristallisation, Lösung, Diffusion, chemischer Verbindung usw. mußte die Masse aus kleinen Individuen, Atomen bestehend angenommen werden, welche wir in Gedanken durch unser eigenes unteilbares Ich ersetzen können. Nachdem, wie gezeigt, das Relativitätsprinzip dazu führt, auf solche Begreiflichkeit der Erscheinungen ganz zu verzichten, könnte scheinen, daß auch die Molekulartheorie fallen muß.

---

[1] Siehe M. Planck, Acht Vorlesungen über theoretische Physik, Leipzig, Hirzel, 1910, S. 96 u. ff.

Es läßt sich indes zeigen, daß der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, das Anwachsen der Entropie nur verständlich erscheint unter Annahme atomistischer Konstitution der Materie. Nur auf solche Weise ergeben sich irreversible Prozesse, wie sie jenes Gesetz voraussetzt, während die elementaren Gesetze der Mechanik und Elektrizitätslehre alle Vorgänge als umkehrbar erscheinen lassen. Bei der völligen Unordnung molekularer Vorgänge muß sich der Zustand dem wahrscheinlichsten zu nähern suchen. Beispielsweise ist bei ungleichmäßiger Verteilung der Bewegungsenergie der Moleküle, d. h. der Temperatur, zu erwarten, daß sich der Zustand dem wahrscheinlichsten d. h. der gleichmäßigen Temperaturverteilung nähere, z. B. wenn ein heißer und ein kalter Körper zusammengebracht werden. Rückkehr zum Anfangszustand kann von selbst nicht eintreten, weil eben die Wahrscheinlichkeit dieses Zustandes, somit die Entropie ein Maximum ist. Genauer ist die Entropie dem Logarithmus der Wahrscheinlichkeit proportional. Da nun ferner auch die Strahlung Entropie enthalten muß, weil ein strahlender Körper Entropie verliert und doch im ganzen eine Zunahme eintritt, muß auch die Strahlung eine Art atomistischer Struktur besitzen, sie kann nur in einzelnen Quanten, gewissermaßen Energieatomen, ausgesandt und absorbiert werden (Planck a. a. O. S. 70 u. ff.)[1].

Das Ergebnis ist von großer Wichtigkeit zum Verständnis der Elektronentheorie[2] in ihren zahlreichen Anwendungen, vor allem auch für die weitere Aufklärung der Entladungserscheinungen und der Radioaktivität, da gerade hier Elektronen- und Ionengeschwindigkeiten auftreten, bei welchen die Korrektionen der gewöhnlichen Naturgesetze durch das Relativitätsprinzip, welche bei geringen Geschwindigkeiten kaum in Betracht kommen, außerordentlich große Werte annehmen.

Man hat auch die Ansicht aufgestellt, Materie sei überhaupt nichts anders als ein Aggregat äußerst rasch umlaufender Elek-

[1] Einstein hat dieses Ergebnis geradezu zu einer »Lichtquantentheorie« ausgearbeitet, die an Newtons Emissionstheorie erinnert, indes augenscheinlich zu weit geht.

[2] Siehe J. J. Thomson, Die Korpuskulartheorie der Materie, Braunschweig 1908. H. A. Lorentz, The Theorie of electrons, Leipzig 1909.

tronen[1]; Masse sei nichts anders als der durch Erzeugung der Energie der Magnetfelder der bewegten Elektronen geweckte Widerstand. Auch das Verhalten flüssiger Kristalle ließe sich auf Grund dieser Annahme am besten verstehen[2], doch treffen wir immer auf unüberwindliche Hindernisse, wenn wir die Naturerscheinungen zu begreifen suchen. Wir müssen z. B. einem Elektron eine bestimmte Gestalt zuschreiben, und es aus noch kleineren Teilchen zusammengesetzt denken, die sich entgegen der elektrischen Abstoßung gegenseitig festhalten, die aber natürlich selbst wieder aus noch kleineren Elementen bestehen und so in infinitum. Wir können uns eben nur Kräfte vorstellen, die ausgeübt werden von einem Wesen, ähnlich unserem Ich, wenn es auch von winziger Größe ist!

Die Aufgabe der Physik, die Vorausberechnung der Erscheinungen erfordert die Begreiflichkeit nicht, muß sich aber der Gleichnisse bedienen, um Verständigung durch die Sprache zu ermöglichen[3].

---

[1] Dabei muß der Durchmesser der Elektronen als verschwindend klein gegen ihre Entfernung betrachtet werden. Siehe W. Wien, Ann. d. Phys. **5**, 507, 1901; G. Mie, Lehrb. d. Elektr. u. d. Magnet. Stuttgart Enke 1910, S. 692 und P. Lenard, Über Äther und Materie, Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1910, Nr. 16.

[2] O. Lehmann, Phys. Zeitschrift **10**, 559, 1909.

[3] Über Schwierigkeiten, die sich der Elektronentheorie entgegenstellen s. a. O. Lehmann, Verf. d. nat. Ver. Karlsruhe **17**, 34, 1904, Boltzmannfestschrift 1904, S. 287; H. Sieveking, Ann. d. Phys **20**, 209, 1906; F. Ehrenhaft, Phys. Zeitschr. **11**, 619, 1910 u. a.

Alpiner Nephrit und die „Nephritfrage“.

Von

W. Paulcke.

Der Nephrit, im Handel »Jade« genannt, eine Strahlstein-varietät, welche von außerordentlich intensiv verfilzten feinen Aktinolithfasern gebildet wird, hat seinen weitverbreiteten Ruf in erster Linie dem kulturhistorischen Interesse zu verdanken, welches ihm seit Urzeiten entgegengebracht wurde. — Dem verdienten ehemaligen Freiburger Mineralogen Heinrich Fischer (1817—1886) verdanken wir eine außerordentlich sorgfältig zusammengestellte Monographie: »Nephrit und Jadeit nach ihren mineralogischen Eigenschaften, sowie nach ihrer urgeschichtlichen und ethnographischen Bedeutung; Stuttgart 1875.«

Bei über 300 Autoren aller Völker bis in unsere Zeitrechnung suchte Fischer nach Notizen über Herkunft, Verarbeitung und Verwendung des Nephrits, er führte eine überaus weitgreifende Korrespondenz mit Gelehrten, Missionaren etc., um Material für seine Nephritforschungen zu erhalten und kam zu dem Schluß, daß in Europa Nephrit anstehend nicht vorkomme.

Im Gebiete besonders der alpinen Pfahlbau-Niederlassungen hatte man seit langer Zeit kleine und größere Nephritbeile gefunden, welche zur neolithischen Zeit offenbar ihren Besitzern als besonders wertvolle Stücke galten. — Da nun in früheren Zeiten anstehender Nephrit aus ganz Europa überhaupt nicht bekannt war, glaubte Fischer mit Keller[1], Damour[2], v. Fellenberg[3],

---

[1] Keller, Ferd. Mitteil. der antiquarischen Gesellschaft in Zürich. Bd. IX 1854, ebenda Bd. XII 1858.

[2] Damour, Aug. Alex. Comptes rend. Akad. d. Sciences. Paris 1863. Bd. LVI und 1865 l. c.

[3] Fellenberg, L. R. v. Verh. Schweiz. Gesellsch. Solothurn 1869. Jahresbericht 1870.

Schlagintweit[1] und anderen, daß der Nephrit aus den damals bekannten Ursprungsgebieten nach Europa und in die alpinen Gebiete importiert worden sei. Fischer nahm einen solchen Import sogar für den amerikanischen Nephrit an.

Als derartige Exportgebiete kamen besonders Asien, Neu-Seeland, Neu-Caledonien in Betracht, wo der Nephrit von Urzeiten an bis in die Neuzeit große Wertschätzung genießt.

Fischer (l. c.) zählt alle die Verwendungsarten, welche der Nephrit im Laufe der Zeiten erfahren hat, auf. Schon seit ältesten Zeiten scheint dieses grüne Gestein als vorzügliches Heilmittel gegolten zu haben, denn bereits Galen (131—200 n. Chr.) berichtet, daß der Ägypterkönig Nechepso (um 670 v. Chr.) es für wirksam gegen Magenschmerzen hielt, wenn man auf einen »Jaspis viridis« = Nephrit das Bild eines Drachen gravieren ließ, und dies Amulett bis zur Magengrube herabhängend trüge.

Galen verordnete als wirksames Heilmittel gegen die gleichen Beschwerden eine Halskette aus einfachen ungravierten Nephritstücken.

Andere Autoren erwähnen Nephritamulette als wirksam gegen Schlangenbiß (Orpheus 500—600 n. Chr.), gegen die Pest (Albertus Magnus 1205—1208), gegen Geschwülste, Wassersucht, schwere Geburten.

Erst nach 1492 konnte Fischer die Entstehung des Namens Nephrit = lapis nephriticus = Nierenstein nachweisen, während vorher die Bezeichnung Jaspis viridis, lapis divinus etc. verwendet wurde.

Erst von dieser Zeit an entsteht der Glaube an die Wirksamkeit dieses grünen Gesteins gegen Nierenerkrankungen, Harnleiden, Hypochondrie, Epilepsie etc. Den Glauben an diese Art von Heilwirkung scheinen die Spanier von den Mexikanern übernommen zu haben, da, wie erwähnt, erst nach der Entdeckung Amerikas 1492 von der Wirksamkeit des Nephrits gegen die genannten Krankheiten die Rede ist. — Sogar innerlich wurde Nephrit verordnet.

Der Glaube an die Wirksamkeit des Nephrits gegen Nierenleiden verbreitete sich dann auch in Europa und noch im 18.

[1] Schlagintweit-Sakünlünski, Hermann von: »Über Nephrit nebst Jadeit und Saussurit im Künlün-Gebirge. Sitz.-Ber. K. bayer. Akad. d. Wissenschaft. Mathemat.-physikal. Klasse. München 1873.«

Jahrhundert war das Tragen von Nephritamuletten Mode bei den Pariserinnen.

Eine große Rolle spielte und spielt der Nephrit als Zeichen von Rang und Würde, wie als Schmuckgegenstand bei verschiedenen Völkern. So ließ sich in Mittel- und Südamerika die Verwendung des Nephrits in Gestalt von sog. Lippensteinen (Durchbohrung der Unterlippe und Befestigen von zylindrischen Schmucksteinen), als Halsschmuck in Form vielgestalteter durchbohrter Steine, als Klangsteine (?) zur Erzeugung von Tönen, als Prunkwaffen mit Skulpturen und Gravuren, als Amulette etc. nachweisen. Tribut wurde z. T. in Nephrit erlegt.

Zur Anfertigung von Idolen, Schalen mit Reliefs etc. wurde Nephrit als besonders wertvolles Material geschätzt. Noch heute steht Nephritschmuck besonders in China — wo er seit uralter Zeit Verwendung fand — in hohem Ansehen. Aus »Yü«-Stein werden und wurden Ringe, Becher, Vasen, Schalen, Schüsseln mit Reliefverzierungen geschnitten, Säbelgriffe, Figuren etc. hergestellt.

Die Maoris Neuseelands fertigen und tragen Schmuck aus Punamu-Stein = Nephrit, von dem sie verschiedene Varietäten unterscheiden, deren geschätzteste der blaßgrüne, stark durchscheinende »Kahurangi«[1] ist. Als Ehrengabe überreichten die Maoris dem Prinzen von Wales gelegentlich seines Besuches von Neuseeland ein Kästchen aus »Kahurangi«-Nephrit. Vorwiegend wurde und wird der Nephrit aus fluviatilen und glacialen Ablagerungen, also aus secundären Lagerstätten, ausgebeutet, Wertangaben des besonders in China überaus geschätzten Nephrits (Jade) finden sich für ältere Zeiten bei Fischer, der erwähnt, daß etwa 1½ Kubikfuß großer Nephrit von halbdurchsichtiger grüner Farbe 36000 Dollar galt. — Der Wert des Nephrits wächst mit der Größe des Steines und ist besonders abhängig von der Farbe und Durchsichtigkeit des Materials.

Diese Notizen mögen genügen, um zu skizzieren, welcher Hochschätzung sich der Nephrit erfreut.

Auch der Neolithiker achtete den Nephrit offenbar wegen seiner guten Eigenschaften (Zähigkeit) und wegen seiner Seltenheit; er dürfte die Nephritbeile auch sehr sorgfältig behandelt haben,

---

[1] A. M. Finlayson: On the Nephrit and the Magnesian rocks of New Sealand. Quarterly Journal Geol. Soc. London, Vol. 65, 1909, pag. 351—381.

da man fast stets sehr gut erhaltene Schneiden findet, was seinen Grund vielleicht auch darin hat, daß die vorwiegenden kleinen Nephritbeilchen nicht für grobe Arbeiten gebraucht wurden, sondern etwa so wie wir unsere Taschenmesser benutzen, aus denen wir auch eventuelle Scharten gleich wieder ausschleifen.

Da man zu H. Fischers Zeiten nie anstehenden Nephrit in Europa gefunden hatte, vertrat er mit von Fellenberg u. a. bis zu seinem Tode die Ansicht, daß all der in prähistorischen Stationen gefundene Nephrit — verarbeiteter und unverarbeiteter — importiert sei, und daß schon zur Zeit der Neolithiker lebhafte Handelsbeziehungen, bezw. Wanderungen von Asien nach Europa bestanden hätten.

Schon damals standen viele dieser Nephrithypothese skeptisch gegenüber, und Désor, der zwar auch unter dem Banne derselben stand, betont doch schon gelegentlich des Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhist. VI Sess. Bruxelles 1872 (Comptes rendues 1873), daß diese Nephritwerkzeuge besonders entlang des Alpenzuges gefunden würden.

Der vereinzelte Fund eines Nephritblocks von Schwemsal bei Düben in der Nähe von Leipzig war Fischer bekannt, und vermochte seine Ansichten nicht zu beeinflussen.

H. Traube dann fand anstehenden Nephrit in enger Verbindung mit Gabbro und Serpentin bei Jordansmühl[1] im Zobtengebirge, und konnte 1887 über einen weiteren Nephritfund bei Reichenstein[2] in Schlesien berichten.

Im Jahre 1903 untersuchte Bodmer-Beder[3] u. a. Nephritmaterial prähistorischer Stationen, und erwähnt nephritische Gesteine aus dem Gotthardgebiet, welche A. Cossa[4] analysiert hat, wobei ihm die Ähnlichkeit der Analyse mit solchen von Nephriten auffiel. Aus diesen Vergleichen schloß Bodmer-Beder, daß die Nephrite der prähistorischen Stationen am Zuger See im Gotthardgebiet anstünden und, nahm weiter an, daß die Nephrite, welche bei den

[1] H. Traube: Über Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol., Beil., Bd. III 1885.

[2] Derselbe: Über einen neuen Fund von anstehendem Nephrit bei Reichenstein in Schlesien. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol., 1887, 2.

[3] Bodmer-Beder: Petrographische Untersuchungen von Steinwerkzeugen und ihren Rohmaterialien etc. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol., Beilage Band XVI, 1903.

[4] A. Cossa: Sopra alcune roccie serp. d. Gotthardo A. R. Acc. Torino.

Stationen am Bieler und Neuenburger See gefunden wurden, ihr Anstehendes in Wallis haben.

Wenn auch allgemeine Überlegungen es von jeher wahrscheinlich machten, daß die Rohmaterialien für die Nephritbeile der Pfahlbauansiedelungen aus den inneralpinen Einzugsgebieten der Gletscher stammen, welche sie in die betr. Gegenden herabbrachten, so konnte Bodmer-Beder doch nur einen Wahrscheinlichkeitsbeweis führen, den Nachweis anstehenden echten Nephrits blieb er schuldig.

Durch die Auffindung von Nephrit in Ligurien von E. Kalkowsky[1] und seine Arbeit über den »Nephrit des Bodensees«[2] wurde die Nephritfrage wieder frisch belebt. Mit dem Nachweis anstehenden Nephrits im Apennin fiel jedenfalls die alte Hypothese von den alten Handelsbeziehungen zwischen Asien und Europa zur Steinzeit endgültig; an einen Austausch zwischen Italien und dem nordalpinen Gebiet war schon eher zu denken. Vor allem aber war zu vermuten, daß sich nun auch in dem Gebiet der Alpen, welches die nächsten Beziehungen zum Apennin[3] aufweist, u. a. besonders in der »rhätischen Decke« Nephrit finden konnte, zumal, wie alle Autoren, die mit ihm zu tun, oder die ihn übersehen hatten, übereinstimmend bezeugen, daß er eben sehr leicht zu übersehen ist.

Kalkowsky kam in Ligurien zu dem Schluß, daß der an Serpentin gebundene Nephrit ein rein dynamometamorphes Gestein sei, das an Verwerfungsspalten durch den Dislokationsvorgang aus Serpentin, Chrysotil, Talk, Aphaniten und Varioliten entstanden sei.

G. Steinmann[4] ist der Ansicht, daß ein Zusammenhang zwischen Dislokationen und dem Auftreten des Nephrits in Ligurien nicht bestehe. Steinmann findet wie Kalkowsky den Nephrit

---

[1] E. Kalkowsky: Geologie des Nephrits im südlichen Ligurien. Zeitschr. d. deutsch. Geolog. Gesellschaft 1906. Heft 3.

[2] Derselbe: Der Nephrit des Bodensees. Abh. der naturw. Gesellschaft »Isis« in Dresden 1906. Heft 1, pag. 28—44.

[3] Vergl. G. Steinmann: Alpen und Apennin. Monatsber. d. deutschen Geolog. Gesellschaft 1907, 8, S. 177—183.

[4] G. Steinmann: Die Entstehung des Nephrits in Ligurien und die Schwellungsmetamorphose. Sitzungsbericht d. Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn 1908.

»gangförmig« in Serpentin; er ist aber der Ansicht, daß der Serpentin vor seiner Serpentinisierung, als er noch ein Peridotit war, von basischen Gängen eines gabbroiden Magmas von Art der Websterite oder Diopsidfelse durchsetzt wurde. Hierauf habe dann die Serpentinisierung der Peridotite stattgefunden. Die bei diesem Vorgang erfolgende starke Wasseraufnahme führte zu intensiver Schwellung (Ödembildung), die sich im Serpentinkomplex etc. in Gestalt von Rutschflächen etc. zeigt als Folgeerscheinungen des diffusen, örtlich rasch wechselnden Pressungsdruckes. Die basischen Gänge (Websterite und Diopsidfelse) sollen dann bei diesem Vorgang zusammengepreßt, nephritisiert worden sein. Dieser Vorgang wird als Schwellungs- oder Ödemmetamorphose bezeichnet.

Vor allem konnte Steinmann eine Gesetzmäßigkeit des Auftretens von Nephrit wahrscheinlich machen, und zwar an den Stellen, wo ein gabbroides Magma den Serpentin, bezw. sein Muttergestein durchsetzt.

O. Welter hatte auf Grund der Steinmannschen Feststellungen im Sommer 1910 im Harz Nephrit als Gang im Serpentin in der Nachbarschaft von Gabbro anstehend gefunden.

Gelegentlich einer Exkursion, welche ich in mein alpines Arbeitsgebiet, das »Antirhätikon« führte, kam auch die Sprache auf die große Wahrscheinlichkeit, daß Nephrit in der rhätischen Decke stecke, und ich versprach die Exkursionsteilnehmer an die Stelle zu führen, wo Nephrit nach der Steinmannschen Ansicht zu finden sein mußte.

Leider konnte ich die Exkursion wegen starken Neuschneefalls nicht an die typischste Stelle führen, weil dort am Tage unseres Vorbeimarschs der Schnee zu hoch lag. Auch bei Alp Id, wo Serpentin in der Nähe von Gabbro liegt, wollten die Herren schon zu Tal steigen, als ich vorschlug, noch zum nächsten guten Serpentinaufschluß zu gehen, wo Dr. O. Welter als Erster in einem schmalen Gang den ersten anstehenden Nephrit in den Alpen fand, falls nicht Stapffs[1] Beobachtung am Gotthard echten Nephrit betraf. Stapff schreibt: »Nassen Klüften entlang ist der Serpentin in der Regel gebleicht; hat er dabei

[1] Stapff, F. M. Geologisches Profil des St. Gotthard in der Axe des großen Tunnels etc. Bern 1880.

seine Härte nicht eingebüßt, so erinnern die gelblich grünen Bänder an Nephrit, zumal wenn sich Tremolithnadeln in demselben einfinden.« — Dabei handelt es sich besonders um Stellen bei M. 5067; 5095 und 5223 südlich vom Nordportal. Leider sind die Stücke, welche Stapff dort sammelte, nicht mehr zu finden, und es liegt nur die oben erwähnte Analyse von Cossa vor, welche allerdings sehr nephritartig ausschaut, doch fehlen auch bei Cossa Angaben über das spezifische Gewicht.

Als beweisend können wir also die Stapffsche Notiz nicht annehmen, wenn schon Nephritvorkommen auch in den Zentralalpen dadurch wahrscheinlich gemacht ist, sodaß Suchen verlohnt.

Einige Tage später, als die Exkursionsteilnehmer schon weggereist waren, besuchte ich dann noch die schönste Stelle im Antirhätikon, d. i. den Grat zwischen Flimspitz und Greitspitz. In diesem Gebiet (Bürkelkopf-Flimspitz) ist die rhätische Decke sehr reich an basischen Eruptivgesteinen (Spilit, Variolit, Gabbro, Serpentin) und der Serpentin ist von mehreren Nephritgängen durchsetzt. Zum Teil sind die Gänge nur als Geröllreihe angedeutet, und leider war auch an dem Tage die Schneebedeckung noch so stark, daß eine genaue Profilaufnahme und Verbandsfeststellung nicht möglich war. Jedenfalls ist der Serpentin auch an dieser Stelle in Berührung mit Gabbro, zum Teil von scharf abgegrenzten Gabbrogängen durchsetzt. Die Nephrit- und Nephritoidgänge, etwa 7—8, zeigen meist geringes Ausmaß. Starke Pressungserscheinungen weisen alle Gesteine, und ebenso der Serpentin, wie der Nephrit auf.

Es dürfte eben schwer festzustellen sein, ob in so stark dislozierten Gebieten, wie es die rhätische Decke ist, die Pressungserscheinungen in einem Gestein (Nephrit, Serpentin) orogenetischen oder oedematösen Ursprungs sind. Bemerkenswert ist, daß nach dem mikroskopischen Befund die nephritischen Gesteine des Filmspitz-Gratspitzgrates alle möglichen Übergänge von Serpentin zu echtem Nephrit aufweisen; es stehen auch nach ihrem spezifischen Gewicht diese Nephritoide zwischen Serpentin und Nephrit, sodaß sich hier wahrscheinlich wertvolle Anhaltspunkte für die Genese des Nephrits gewinnen lassen werden, besonders wenn auch die Analysen dieser Gesteine vorliegen.

A. M. Finlayson[1] hat anstehenden Nephrit in Neu-Seeland eingehend studiert. Während die Maoris nur fluviatil und glacial verfrachteten Nephrit ausbeuten und verarbeiten, fand Finlayson schmale Gänge (und solche bis über Fußbreite) in Serpentin und Talk-Carbonat-Fels. Gabbro (stets vollkommen saussuritisiert) kommt in diesen Gebieten in schmalen Gängen vor. Der Verfasser kommt nach seinen Untersuchungen zu dem Schluß, daß verschiedene Arten chemischer und mineralogischer Veränderungen zur Bildung von Nephrit beigetragen haben, daß aber stets obendrein die Hauptursache zur Bildung echten Nephrites eine mechanische war. Starke Pressungs- und Bewegungsvorgänge müssen nach ihm über die feinfaserigen Aktinolithmassen hingegangen sein. Die blättrig, faltige Mikrostruktur des Nephrits führt Finlayson auf Pressung zurück; er fand Nephrit nur dort, wo die umgebenden Massen starke Pressung und Verschiebungen zeigen, während in dynamisch nicht stark beeinflußten Gebieten echte Nephrite nicht entstanden sind, obwohl feinfaserige Hornblendmassen vorhanden waren.

Die Steinmannsche Ansicht war dem Verfasser der erwähnten Arbeit offenbar noch nicht bekannt, sodaß er sie nicht in die Diskussion einbeziehen konnte. Finlayson stellt folgende Möglichkeiten für Nephritentstehung zusammen:

1. Uralitisirung der Pyroxene, welche schon Dieseldorf (Zentralbl, f. Min. 1901 S. 334/6) beschrieb;
2. Kontaktwirkung;
3. direkte Verwandlung von Serpentin in Nephrit;
4. Tiefenmetamorphose von Serpentin-, Talk-, Karbonat-Gesteinen oder von ihrem Ausgangsmaterial.

Jedenfalls sind alle Autoren neuerer Zeit: Kalkowsky, Steinmann, Finlayson sich darüber einig, daß Druckvorgänge bei der Bildung des Nephrits mitgewirkt haben. Steinmann läßt den Druck durch die Schwellung des das Ursprungsgestein umgebenden Serpentins erzeugt werden, die beiden anderen Autoren nehmen — neben chemischen Vorgängen, welche gleichsam vorbereitend wirken — dynamometamorphe Ursache für die Umwandlung verschiedenartiger Ursprungsgesteine an.

---

[1] A. M. Finlayson: On the Nephrite and Magnesian rocks of New Sealand. Quarterly Journal of the Geological Society London, Bd. 65, 1909, pag. 351—381.

Darnach dürfte, wenn Kalkowskys Ansicht zu Recht besteht, nie Nephrit in ungestörten Gebieten gefunden werden, und wenn Steinmanns Ansicht richtig ist, darf Nephrit nie ohne Serpentin gefunden werden.

Der Nephrit des Flimspitz wurde von mir bisher nur mikroskopisch untersucht und Schliffe, wie Handstücke mit solchen von Jordansmühle, Sibirien und Bodensee-Nephriten verglichen.[1]

Das spezifische Gewicht verschiedener Proben beträgt 2,9 und 3. Analysen konnten bis jetzt noch nicht fertig gestellt werden.

Die Erscheinungsform des Nephrits und der nephritoidischen Gesteine ist sehr wechselvoll. Schiefrige und hornige Massen von dunkelgrüner, lauchgrüner, blaßgrüner Farbe; zum Teil blauweiß bis matt perlfarbig. Feine dunkle Fleckung durch Eisenoxyd (forellenfleckig) ist nicht selten.

Nach Fertigstellung der Analysen und einer größeren Schliffserie werden weitere Einzelheiten über dies interessante Vorkommnis publiziert werden. Jedenfalls liegt fraglos Nephrit vor und zwar ist in reichlichem Maße vorhanden. Ein nephritoidisches Gestein besitze ich ferner aus der Gegend von Tarasp, wo sicher im Bereich der rhätischen Decke noch mehr Fundpunkte entdeckt werden. Durch dieses Auffinden anstehenden Nephrites in den Alpen, welches, wie oben erwähnt, zuerst O. Welter gelang, wird endgültig die Hypothese von den neolithischen Handelsbeziehungen zwischen Asien und Europa ad acta gelegt. Sie spielte ja schon seit den schlesischen und ligurischen Funden keine große Rolle mehr, wenn auch in manchen populären Werken[2] noch mit Begeisterung von neolithischem Tauschhandel von Erdteil zu Erdteil erzählt wird.

Jetzt, nachdem in der rhätischen Decke der Alpen Nephrit nachgewiesen ist, wird er wohl noch vielerorts in derselben gefunden werden, wie auch in anderen Gebieten, in denen gabbroide Magmen Serpentin, bezw. dessen Ursprungsgestein durchbrochen haben. — Trotzdem bleibt das Areal seines Vorkommens relativ

[1] Herrn Geh. Rat Wagner-Karlsruhe danke ich bestens für die liebenswürdige Schenkung von Bodensee-Nephrit zur Herstellung von Schliffen, Herrn Prof. Schwarzmann desgl. für die freundliche Überlassung von Vergleichsmaterial (Sibirien und Jordansmühle) aus der Großh. Mineraliensammlung Karlsruhe.

[2] Z. B. bei L. Reinhardt: Der Mensch zur Eiszeit in Europa etc. 1908.

beschränkt, und wir können es wohl verstehen, warum in den Pfahlbaustationen Nephritwerkzeuge relativ selten sind.

Kalkowsky (l. c. S. 30/31) schätzt die Menge der bisher aus dem Bodenseegebiet erbeuteten Nephrite auf 3000 (das Rosgarten-Museum enthält allein beinahe 1400 Stück) und berechnet, unter Annahme des mittleren Gewichts eines Nephritbeils von 33,3 gr, das Gesamtgewicht dieser 3000 Beilchen auf 600 kg. Weiter nimmt er an, daß nur etwa 10 % aller einst existierenden Nephritwerkzeuge wieder gefunden seien, sodaß die Pfahlbauer etwa 30 000 Stück besessen hatten, zu deren Anfertigung etwa 6000 kg nötig gewesen seien.

Bei Annahme eines durchschnittlichen spezifischen Gewichtes von 3 kommt Kalkowsky für die Herstellung dieser 30 000 Nephritbeilchen im ganzen auf 2 Kubikmeter Nephrit-Rohmaterial.

Es ist nun fraglos, daß die Nephrite durch die alpinen Gletscher in die Gegenden der Pfahlbaustationen gelangt sind, wobei offenbar unterwegs während des Moränentransports eine starke Sonderung des guten, dichten Materials von den leicht zerreiblichen talkigen Stücken stattfand, sodaß wir in dem alpinen Vorland vorwiegend die guten typischen zähen Nephrite finden.

Jedenfalls hat der Pfahlbaumensch ein feines Empfinden für die Güte des Materials gehabt, und mit scharfem Blick die spärlich zerstreuten Nephritstücke zu finden gewußt.

Wir brauchen aber im Geiste nicht mehr neolithische Handelswege nach Asien zu wandern, sondern wissen jetzt, daß die eiszeitlichen Gletscher diese Nephritlieferanten waren, und daß sie ihr Material vorwiegend aus dem Komplex der basischen Eruptivgesteine der weit verbreiteten rhätischen Decke bezogen. Auch in den grünen Gesteinen anderer tektonischer Glieder der Alpen wird der Nephrit wohl noch gefunden werden und bei scharfem Zusehen dürfte sich auch mit der Zeit erratischer Rohnephrit im Gebiet des Bodensees etc. finden lassen; vom Neuenburger See liegt ja meines Wissens ein solcher Fund vor.

Über anstehenden Nephrit in den Alpen.

Von

Otto A. Welter, Bonn.

1906 hat Kalkowsky[1] die wertvolle Entdeckung von anstehendem Nephrit in Ligurien gemacht. Der Nephrit fand sich im Serpentin scheinbar regellos verteilt und war nach Ansicht dieses Forschers an Verwerfungen durch dynamische Vorgänge aus dem Serpentin entstanden.

1908 konnte Steinmann[2] den Nachweis erbringen, daß die basischen Eruptiva Liguriens, welche mit Radiolariten stets vergesellschaftet sind, Injektionen in eine mesozoische Schieferhülle darstellen, welche wurzellos einer meist mesozoischen Gesteinsfolge dinarischer Facies aufliegt. Im Jahre 1905[3] hatte Steinmann die gleiche Gesteinsverknüpfung in der rhätischen Decke Graubündens, der Freiburger Alpen und der Iberger Klippen festgestellt, sodaß er das gleiche facielle Element des Apennin ebenfalls als rhätische Decke ansprechen konnte.

In den Serpentinen dieser rhätischen Decke lag nun der Nephrit Kalkowskys und zwar nicht an Verwerfungen gebunden, sondern stets an die Nähe des Gabbro.

Für die Entstehung des Nephrits nahm Steinmann[4] die Theorie der Oedemmetamorphose an. Zur Zeit vor der Verfrachtung der rhätischen Decke des Apennin sei ein in den Schiefern steckender Peridotit von Gängen aus der Gefolgschaft des Gabbro durchsetzt worden. Bei der Wasseraufnahme des Peridotit, d. h. bei seiner Serpentinisierung, verdrückte er infolge seiner Volumvermehrung den basischen Gang zu Nephrit.

Ich habe mir nun die Frage vorgelegt, ob die von Steinmann angenommene Verknüpfung von Gabbro, Serpentin und Nephrit eine gesetzmäßige und regionale sei, und ob sie für die Auffindung weiterer Nephritgänge verwertet werden könne, ferner

---

[1] Z. d. D. geol. Ges. 1906, H. 3, S. 307—378.

[2] M. d. D. geol. Ges. Nr. 8/9 1907, S. 177—183.

[3] Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 1905, B. XIII.

[4] Sitzber. der Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde, 1908.

ob die rhätische Decke Graubündens als charakteristisches Gestein den Nephrit führe, eine Tatsache, die nicht nur aus faciell-tektonischen Gründen interessant sein müßte.

Die Frage nach der gesetzmäßigen Verknüpfung von Gabbro, Serpentin und Nephrit außerhalb Liguriens konnte ich durch den Fund[1] von anstehendem Nephrit im Radautal (Harz) bereits bejahen. Ich fand ihn genau da, wo ich ihn auf Grund dieser Steinmannschen Annahme vermutet hatte[2].

Durch meine weiteren Nephritfunde in den Alpen wird diese Annahme weiter gestützt.

Professor Paulcke, welcher mich in diesem Herbst in die so außerordentlich verwickelte und schwierige Tektonik des Unterengadiner Fensters einführte, besuchte auf meine Bitte mit mir auch die dortige rhätische Decke, wofür ich ihm herzlich hier danken möchte. Er führte mich an den Serpentin des Fimbertales (ob Fid), dort wo er eng mit Gabbro in Berührung steht, und an dieser Stelle fand ich den Nephrit.

Auch in der rhätischen Decke des Oberhalbstein findet sich der Nephrit. Dieses Tal zeichnet sich durch die große Mächtigkeit der rhätischen Decke aus und durch ihren Reichtum an verschiedenen basischen Eruptiven, unter welchen Serpentin und Gabbro an erster Stelle stehen, doch wiegt der Serpentin nach den heute sichtbaren Aufschlüssen bedeutend vor.

Im Val Faller[3] bei Mühlen, einem kleinen Seitental, das zum Piz Platta führt, steht der erste Nephrit gleich[4] hinter dem Dorfe an.

Ein weiteres mächtigeres Vorkommen liegt 1 Min. weiter oberhalb 50 m nach der ersten Wegbiegung. Ferner habe ich noch Nephrit am Westabhang der Forschella an der rechten Talseite des Val Faller gefunden.

---

[1] Vgl. Steinmann, Über Nephritfunde von O. Welter im Harz. Sitzber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde. 1910 Sitz. v. 11. Juli.

[2] Auch der Nephrit von Jordansmühl in Schlesien liegt in einem Serpentin, welcher in enger Verbindung mit Gabbro steht. N. J. f. M. 1885, III. Beil. B. pag. 413.

[3] Vgl. Blatt Bivio 1 : 50000 aus dem Topogr. Atlas der Schweiz.

[4] Gegenüber der 5. Telegraphenstange von der Abzweigung ins Nebental an. Ebenfalls ein kleiner Rest gegenüber der 6. Telegraphenstange.

Eine eingehende Beschreibung der Oberhalbsteiner Funde werde ich demnächst geben, den Nephrit aus dem Fimbertale wird Herr Professor Paulcke bearbeiten.

Alle diese Vorkommnisse können jedenfalls für die von Steinmann angenommen gesetzmäßige Gesteinsverknüpfung von Gabbro, Serpentin und Nephrit verwendet werden, ebenso scheint die Theorie der Oedemmetamorphose durch sie eine Bestätigung zu erfahren.

Diese Funde beweisen ferner, daß die diluvialen Eismassen auch den Nephrit zum Nordfuß der Alpen transportiert haben, und, daß der Pfahlbauer die in der rhätischen Decke des Oberhalbstein beheimateten Nephrite benutzt hat.

Dies gilt nicht nur für den Bodensee, in welchen das Oberhalbstein seine Eisströme entsandte, sondern auch für die andern Schweizer Seen, an welchen Nephritwerkzeuge gefunden sind, denn wir wissen heute, daß auch zwischen Genfer- und Bodensee sich einst die rhätische Decke ausspannte, und daß sie dort ebenfalls Nephrit geführt haben wird.

Bonn, 25. August 1910.

Die Goldgewinnung am Rhein auf badischem Gebiet.

Von

Prof. Dr. Max Schwarzmann

Vorstand der mineralogisch-geologischen Abteilung des Großh. Naturalienkabinetts.

I. Einleitung.

Zu der vorliegenden Arbeit wurde ich angeregt durch Herrn Geheimerat Engler. Sie geht aus von der Tatsache, daß die Zahl derjenigen Leute, die selbst Gold gewaschen haben, immer geringer wird, und daß die Zeit einer Nachfrage, wie der Waschbetrieb in den einzelnen Gegenden war, nicht mehr länger hinausgeschoben werden dürfe.

Der Verfasser hat nun an die Bürgermeister der in den Einlieferungsberichten des Waschgoldes genannten rechtsrheinischen Gemeinden eine Anfrage gerichtet, ob dort noch Goldwäscher am Leben und etwa auch noch Waschgeräte vorhanden wären, und nach Eingang der Antworten die betreffenden Goldwäscher soweit tunlich aufgesucht. Im nachfolgenden findet sich die Liste der betreffenden Gemeinden wiedergegeben und der Name der Goldwäscher aufgezeichnet, die ja meine Gewährsmänner für die Beschreibung sind. Ihnen sowie den Bürgermeisterämtern, die mir bereitwilligst Auskunft gaben, bin ich zu herzlichstem Danke verpflichtet.

Ergebnis der Nachfrage im Juli 1910.

Albbruck . . . an der Aare gewaschen.
Lörrach . . . nichts bekannt.
Istein . . . . keine Goldwäscher mehr am Leben.
Altbreisach . . Jakob Schmidt, Übergangssteuererheber.
Niederhausen Peter Koßmann.
Nonnenweier . Daniel Schäfer.
Ottenheim . . Diebold Lößle, ein Schiff vorhanden.
Meissenheim . ein Schiff vorhanden.
Altenheim . . Friedr. Brehm I., ein Schiff vorhanden und Teil einer Waschbank.
Goldscheuer . keine Goldwäscher mehr.
Griesheim . . nichts von früherem Goldwaschen bekannt.

Marlen	(zu Goldscheuer gehörend).
Kehl (Dorf) .	Georg Beinhardt 7, Fischer.
Auenheim . .	keine Goldwäscher mehr am Leben.
Leutesheim .	(Georg Reiß und Johann Heidt, Fischer.)
Honau	Ludwig Schmidt I., (Ludwig Kieser II.).
Diersheim . .	Michel Heidt, Schiffchen vorhanden (Georg Heidt II und Friedrich Heidt III).
Freistett . . .	Christian Hügel II.
Helmlingen .	Ludwig Walther I.
Grauelsbaum.	nichts mehr zu erfahren.
Greffern . . .	(Isidor Zimmermann und Anton Sprauer I.)
Söllingen . . .	Rudolf Schmalz I.
Hügelsheim .	(Philipp Rösinger.)
Iffezheim . .	Wendelin Hilser.
Wintersdorf .	Thomas Götz.
Plittersdorf . .	keine Goldwäscher mehr am Leben.
Steinmauern .	keine Goldwäscher mehr am Leben, aber Schiffchen und Krätze vorhanden.
Elchesheim .	keine Goldwäscher mehr am Leben.
Illingen. . . .	Zachäus Fütterer.
Au	der letzte im Monat April gestorben.
Neuburgweier	Goldwäscher schon lange gestorben.
Daxlanden . .	Gemeindesekretariat, keine Goldwäscher mehr am Leben.
Knielingen . .	Gottlieb Friedrich Herrmann.
Eggenstein . .	Goldwäscher nicht mehr am Leben, Ludwig Marggrander gibt Auskunft.
Leopoldshafen	kein Gold durch Leute aus dem Ort gewaschen.
Linkenheim .	Goldwäscher etliche Jahre nicht mehr am Leben.
Hochstetten .	keine Goldwäscher mehr am Leben.
Liedolsheim .	Friedrich Ludwig Seith, Landwirt.
Rußheim . . .	ältere Leute erzählen nur noch von diesem Geschäft.
Rheinsheim .	Ferdinand Bens, Landwirt.
Philippsburg .	Jakob Reiß, Säger.
Oberhausen .	keine Goldwäscher mehr am Leben.
Rheinhausen .	Franz Josef Fromm II.

Die Leute, deren Namen in Klammern stehen, habe ich nicht gesprochen. Bis auf Rheinsheim und Philippsburg waren die Gewährsmänner alte Leute.

II. Das Rheingold und der Goldsand.

Die Geschiebe, welche der Rhein mit sich führt, haben nach Kachel von Waldshut bis Basel ein mittleres Gewicht von etwa 6 kg und nehmen allmählich an Größe ab, bei Goldscheuer etwa 1 kg, bei Maxau stellte ich 500 g bei den großen, 150 g bei mittelgroßen Geschieben fest.

Der Sand des Rheins besteht zum weitaus größten Teil aus mehr oder weniger abgerundeten, z. T. auch noch ein wenig eckigen Quarzkörnern. Viele davon haben eine rötliche Farbe, dem Rosenquarz entsprechend, oder sind auch noch intensiver gefärbt. Der Quarz hat nun ein geringes Eigengewicht (2,65), (wie auch der ebenfalls verbreitete Feldspat) zum Unterschied gegen die schweren im Rheinsand vorhandenen Mineralien, es sind dies besonders Magnet- und Titaneisen mit dem Eigengewicht 5, Zirkon fast 5 (4,7) und endlich Gold (reines Gold mit dem Eigengewicht 19).

Der Unterschied wird um so größer, wenn man die Mineralkörnchen in ihrem Verhalten im Wasser berücksichtigt. Hierbei wirkt der Auftrieb des Wassers der Schwere der Körnchen entgegen, und wir müßten gleichgroße Körnchen der genannten Mineralien vorausgesetzt die Druckwirkung derselben in dem Verhältnis 1,65:4:18 annehmen. Es kann deswegen der Quarzsand ungemein viel leichter von seiner Unterlage fortgeschwemmt werden als die genannten Eisenerze, Zirkon oder gar Gold. Dem so außerordentlich schweren Gewichte des Goldes wirkt nun allerdings seine Blättchenform wohl eher entgegen, indem es der Strömung eine größere Angriffsfläche in gewissen Lagen geben kann.

Geeignete Strömung kann nun eine Anreicherung der schweren Bestandteile bewirken. Diese setzen sich eher ab und ihr Absatz hat, weil mit weniger Quarzsand vermengt, eine dunklere Farbe. Den gleichen Prozeß führt der Goldwäscher, wie wir unten sehen werden, in bewußter Weise weiter fort.

Durch seine Arbeit wird auch etwa vorhandener Schlamm sorgfältig entfernt.

Der durch das Waschen erhaltene Goldsand ist von ganz schwarzer Farbe, und läßt die Goldflitterchen mit bloßem Auge erkennen.

Die beiden photographischen Aufnahmen (Fig. 1 u. 2 auf Taf. I) sind bei 18maliger Vergrößerung von dem fertig ausgewaschenen Goldsand vor der Amalgamation hergestellt. Auf ein Glasplättchen wurde Kanadabalsam gebracht, dieser durch Erhitzen ein wenig weich gemacht und der Goldsand darauf gestreut. Abbildung 1 zeigt den Goldsand bei auffallendem

Licht, 2 bei durchfallendem Licht, gewissermaßen also gegen das Licht gehalten.

Magnet- und Titaneisen haben in gleicher Weise Körnerform. In Fig. 1 ist diese Form gut zu erkennen und die gerunzelte Oberfläche, welche im Widerschein des Lichtes erglänzt, ist deutlich in ihrer Struktur zu erkennen. In der Abbildung 2 sind die undurchsichtigen Körner natürlich schwarz. Die Durchschnittsgröße der Körner beträgt etwa 0,2 mm. Das Magneteisen läßt sich leicht mit Hilfe eines Magneten ausziehen.

Die in der Abbildung 2 als durchsichtig hervortretenden Kriställchen sind Zirkone z. T. mit scharfer Kristallform, z. T. etwas abgeschliffen, dabei aber ihre längliche Ausbildung noch immer gut aufweisend. Die große Härte dieser Edelsteine, welche mit $7^1/_2$ die Härte des Quarzes (7) übertrifft, verhindert, daß ein allzu starkes Abschleifen stattfinden kann. Die Kristallform stellt ein quadratisches Prisma mit aufgesetzter Pyramide dar.

Das Gold kommt immer in Blättchen vor. In der Abbildung liegt ein großes gegen den oberen Rand und weist eine Länge von 0,72 mm bei einer Breite von 0,5 mm auf. Bei einer Dicke von etwa 0,01 mm hat das Goldflitterchen das Gewicht von $^1/_{20000}$ Gramm oder $^1/_{20}$ Milligramm. Rechts neben dem großen Flitter befindet sich nur durch ein kleines Eisenerzkörnchen getrennt ein zweites weit kleineres Goldflitterchen. Ein drittes Flitterchen, noch ein wenig kleiner, ist von der Bildmitte gegen unten, ein viertes von der Bildmitte gegen rechts und nur wenig gegen unten gelegen. Beide sind dem Rand näher als der Bildmitte und durch das Fehlen des schwarzen Randes in der oberen Abbildung vom Eisenerz zu unterscheiden.

Die Oberfläche des Goldes ist eigentümlich matt bis runzelig. In Körnerform wird das Gold nirgends gefunden.

Der Goldgehalt darf zu $^{934}/_{1000}$ angenommen werden, der Rest ist Silber und nach Döbereiner sind $^{0,69}/_{1000}$ Platin.

Indem wir berücksichtigen, daß der Flitter auf der Photographie groß ist, so können wir den Goldgehalt auf der unten zu erwähnenden Probeschaufel bei reichem Goldsand zu etwa 2 mg annehmen. Entsprechen diese 40 g schwarzen Goldsand, der auf der Schaufel zurückbleibt, so wäre das Verhältnis von Gold zu Goldsand 1 : 8000. Ist die Schaufel aber mit 3 kg Sand beladen gewesen, aus dem der Goldsand gewonnen wurde, so

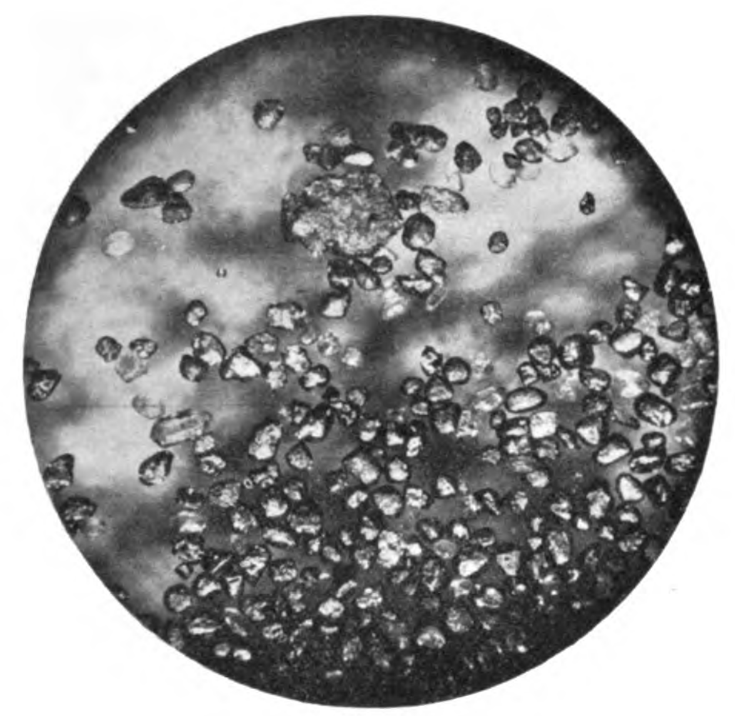


Fig. 1

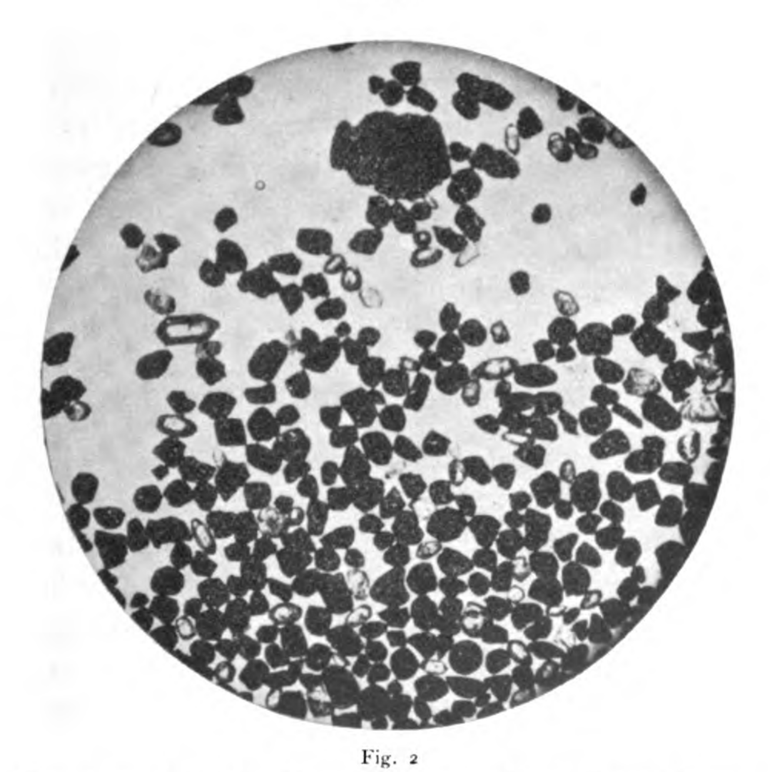


Fig. 2

Fig. 1 und 2. Goldsand bei 18maliger Vergrößerung.

Fig. 1 bei auffallendem, 2 bei durchfallendem Licht.

M. Schwarzmann, phot. 1910.

haben wir 1 Teil Gold in 1 500 000 Gewichtsteilen Sand, was nach Daubrée einer recht guten Sorte entspricht. Bei Neumann finden sich die folgenden Angaben von Daubrée[1] (Annales des Mines 1846 T. X.) zusammengestellt.

Bei reichen Sanden gibt der Kubikmeter Sand etwa 2,9 kg Goldsand für die Amalgamation, die Durchschnittssorte nur etwa 2 kg, die arme Sorte 0,4 kg.

Sorte	gr Gold in 1 cbm Sand	gr Gold in 1 Tonne Sand	Verdienst in 9 Std.
1.	1,011	0,562	8.90 M.
2.	0,438	0,243	3.75 »
3.	0,243	0,132	1.94 »
4.	0,015	0,008	0.11 »

Die 3. Sorte ist die gewöhnliche Waschsorte.

Betreffend des Geldwertes wurde durch einen Erlaß des Finanzministeriums vom 1. Mai 1858 bestimmt, daß 728 Gulden für das rauhe Pfund bezahlt werden sollten, was einem Preissinken gegenüber dem vorher bezahlten Preis von 346 fl. 40 kr. für ein Mark-Gewicht bedeutet (dies entspricht 741 fl. für 12 kr.).

Auf einen wiederholten Antrag der Münzverwaltung, welche auf den sehr nieder gegriffenen Preis aufmerksam machte, wurde durch Erlaß vom 25. Januar 1875 der Preis auf 1250 Mark (entsprechend 729 fl. 10 kr.) für das Pfund Rheingold festgesetzt.

III. Lagerungsverhältnisse des goldhaltigen Sandes.

Von größter Wichtigkeit war es für den Goldwäscher, die Goldgründe aufsuchen zu können. Der Rhein war hier der Vorarbeiter und insbesondere nach zurückgehendem Mittelwasser waren goldreiche Sande zu erwarten. Wenn von dem Ufer ein Stück weggerissen und das Kies- und Sandmaterial unterhalb wieder angesetzt wurde, war hier die beste Aussicht, und zwar gleich an dem obersten Teil der Anlagerung. Dies Fortreißen wird in den südlichen Ortschaften mit osen bezeichnet, die die

[1] Neumann, Die Goldwäscherei am Rhein. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 51. 1903. S. 35.

Anlagerung bedingende Strömung heißt bei Kehl »Inzug«. Niedere Ufer scheinen am günstigsten gewesen zu sein.

In der Gegend von Philippsburg und Rheinhausen wird der Teil als besonders günstig bezeichnet, der an der Abzweigung des Altrheines vom Hauptrhein liegt. Auf Kiesbänken im Rhein wurde in den nördlicheren Gegenden (Philippsburg) ebenfalls gewaschen. Die vorderste Stelle aber auch gelegentlich der hinterste Teil, war der beste. Der allzurasch fließende Rhein läßt das Gold nicht gut absetzen, die Hochwasser sind deswegen für die Ablagerung am günstigsten, wenn sie langsam abziehen.

Die künstlichen durch die Rheinkorrektion geschaffenen Verhältnisse gestatten nur noch selten ein Anlegen des Goldes und sind die Hauptschuld an dem Rückgang der Goldwäscherei. Bei Philippsburg läßt der Rhein auch heute noch bei Hochwasser lohnende Ablagerungen im obersten Teil des Philippsburger Altrheins zurück und der rührige Wäscher Jakob Reiß will es auch diesen Winter nach dem langen Hochwasser wieder mit dem Waschen versuchen.

Im allgemeinen hatten die Goldwäscher eines bestimmten Ortes ihre besonders geeigneten Gründe, die immer wieder aufgesucht wurden. An einer goldhaltigen Stelle, etwa nachdem der Rhein geost hatte, bemühten sich die Wäscher möglichst früh, vor ihrem Konkurrenten an die Stelle zu kommen, denn es galt als Vorschrift, wer zuerst kommt, kann sich den besten, hier den dem Flußlauf nach, obersten Platz aussuchen, der nachfolgende muß dann weiter abwärts, wo der Sand weniger reich ist, arbeiten.

Der goldführende Sand verrät sich durch seine dunklere Farbe. Die Lagen sind verschieden dick bis 10 cm und kaum mehr als 20 cm. Er kann sowohl frei liegen, aber auch von Kies bedeckt sein, wodurch die Arbeit wesentlich erschwert wird.

Auch weiter vom Rheine ab kommt Goldsand vor. Von Freistett z. B. wurde mir dies gemeldet und H. Thürach gibt die Kiesgrube im Oberfeld bei Philippsburg an[1]. Aus Mangel an reichlichem Wasser dürfte aber hier die Ausbeute nicht lohnen.

Vom Untersee bis zur Aaremündung führt der Rhein kein Gold, schon weil da der Bodensee als Klärbecken wirkt. Die Aare bringt nun das Gold mit und das von Albbruck an die

[1] Erläuterungen der Geologischen Landesanstalt zu Blatt Philippsburg.

badische Münze eingesandte Gold dürfte wohl von den Wäschern auf schweizer Gebiet stammen, die das Gold in das große Hüttenwerk in Albbruck eingeliefert haben, denn die von Albbruck eingelaufene Antwort lautet, daß nach Gedenken der ältesten Leute dort nie Gold gewaschen wurde, wohl aber vor etwa 50 bis 60 Jahren der Aare entlang, auch sollen sich noch einige unmittelbar nach dem Einfluß der Aare in den Rhein am schweizerischen Ufer beschäftigt haben. Hierfür ist auch Beleg in den Akten des Finanzministeriums enthalten.

Die hohen Ufer, die beträchtliche Größe der Gerölle und die starke Strömung machen den Rhein für die Goldgewinnung zunächst ungünstig und in den alten Verzeichnissen (vergl. S. 116 u. 117) finden sich erst Lörrach und Istein als Einsendungsorte, die aber in den fünfziger Jahren nichts mehr einlieferten. Es folgt nun Altbreisach im Verzeichnis, und von Niederhausen im Norden des Kaiserstuhls ab finden wir alle Orte auf dem Hochgestade vertreten bis Rheinhausen südlich von Speier, welche fast alle mit kleineren oder größeren Beträgen z. T. noch in den fünfziger Jahren beteiligt sind. (Vergl. die Einlieferungstabelle am Schluß der Arbeit).

Die betreffenden Orte der Tabelle sind genau nach ihrer Lage aufgeführt und weisen von Niederhausen bis Rheinhausen keine Lücke auf, man kann sich deshalb gewissermaßen wie auf einer Karte auf dem Verzeichnis zurechtfinden, nur stehen die südlichen Ortschaften oben. Unterhalb Mannheim wird nach Kachel[1] nur sehr wenig und unterhalb Mainz nicht mehr gewaschen.

Von Goldführung der Nebenflüsse werden erwähnt[2] im Aargebiet: die Reuß, die beiden Emmen, und das Golenbächlein bei Luzern, das Schwarzwaldflüßchen Goldbrunn, das bei Albersbach in die Kinzig fließt, und die Ill.

IV. Der eigentliche Waschbetrieb.

1. Historisches und Vorbemerkungen.

Die Kunst, Gold zu waschen, ist eine sehr alte. Die einfachst denkbare Art ist die, aus einem Trog durch Umschwenken und

---

[1] Kachel, Badisches Landwirtschaftliches Wochenblatt Nr. 37—39 vom Jahr 1838.

[2] Neumann. S. 38.

Ausschütten das Gold zu entfernen, ähnlich etwa der nachfolgenden Vorprobe. Hierbei können aber nur kleine Mengen zugleich bearbeitet werden. Wirtschaftlicher ist das Hinabfließenlassen des Goldsandes über eine schiefe in irgend einer Weise rauhe Fläche, die geeignet ist, den reichen Sand zurückzuhalten. Als solche wurden von den Kolchiern Schaffelle benützt und das goldene Vlies, das die Argoschiffer lockte, kann uns ein Symbol der Goldwäscherei darstellen. Nach Beobachtung von Peter Tafur 1439 wurde bei Basel ein Brett mit Querleisten, wie Stufen, zum Ansammeln benützt, 1586 gibt Michael Heberer an, daß die Faser des ungehobelten Brettes zur Aufnahme diente. In diesem Berichte wird auch das Verfahren der Amalgamation schon erwähnt.

Nach Heberers Beschreibung hat Georg Ludwig Lindenspür von Stuttgart die Angaben wiederholt und es mögen diese hier wörtlich angeführt sein, um die Übereinstimmung mit dem jetzigen Verfahren zu zeigen[1]. Vergl. Abbildung 3.

»Man macht bey dieser Stadt (Selz) gut Reinisch Goldt aufs dem Sande / der gestallt: erstlich richten sie schregs auff am Staden des Reins 3 zusammengefaste ungehobelte rauhe Bretter oder Borten / auff denen seiten mit Leysten verwahret / werffen viel Sand drauff welchen sie aufs dem Wasser holen / wanns zimlich auffgehäufft / nemmen sie mit langen Schöpffern des Rein-Wassers / flötzen den groben Sand wieder von den Borten herunder / so bleibt der reinste / in welchem das Gold steckt / zwischen den rauhen Spreissen / das wäschen sie ab mit sonderm fleiss und samlens in ein höltzen Narten / widerholens und samlen jnnerhalb zweyen stunden des aufsgewaschenen Gold-Sands auff einen halben Sester /. Mit demme zeucht man zu Haufs / macht ein zimlich Kohlfewr / stellet den Sand in einem jrrdinen gefefs hinein / sobald das erwärmet / lasset sich das Gold in kleinen Körnlein scheinbarlich sehen. Dieselbe von dem Sand zu scheiden brauchet man Quecksilber menget ein gewiss Partickel drunder / und damit samlet sich alles Gold / sogar das geringste Stäublein

[1] Commentar in varias politico-juridicas quaestiones et ordinat. politicas Ducatus Wurtembergii Tit. 30. p. 195.

Vergl. Bernh. Neumann, Die Goldwäscherei am Rhein. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 51, 1903. S. 30. In dieser umfassenden Abhandlung finden sich sehr reichliche historische Notizen und es wurden hier auch die Akten des Großh. badischen Finanzministeriums benützt.

zusammen und in ein Klümplein / welches die farb des Quecksilbers an sich nimbt / das klopffet man in den Händen zwischen den Fingern mit einem Messerrücken in die runde / biſs es hart wirdt wie ein Kügelein / das wirfft man in einen klügenden Tiegel / vber eine kleine weil ist das Quecksilber verschwunden und es hat das Klümplein sein natürliche Goldfarb. Ein Sester oder Vierling gedachtes Sandes giebt ohngefehr ein Loth / oder hats zum wenigsten etwa geben. / Die Inwohner oder Güldner / welche gemeiniglich Holtzhawer und Fischer / starke grobe Leuth

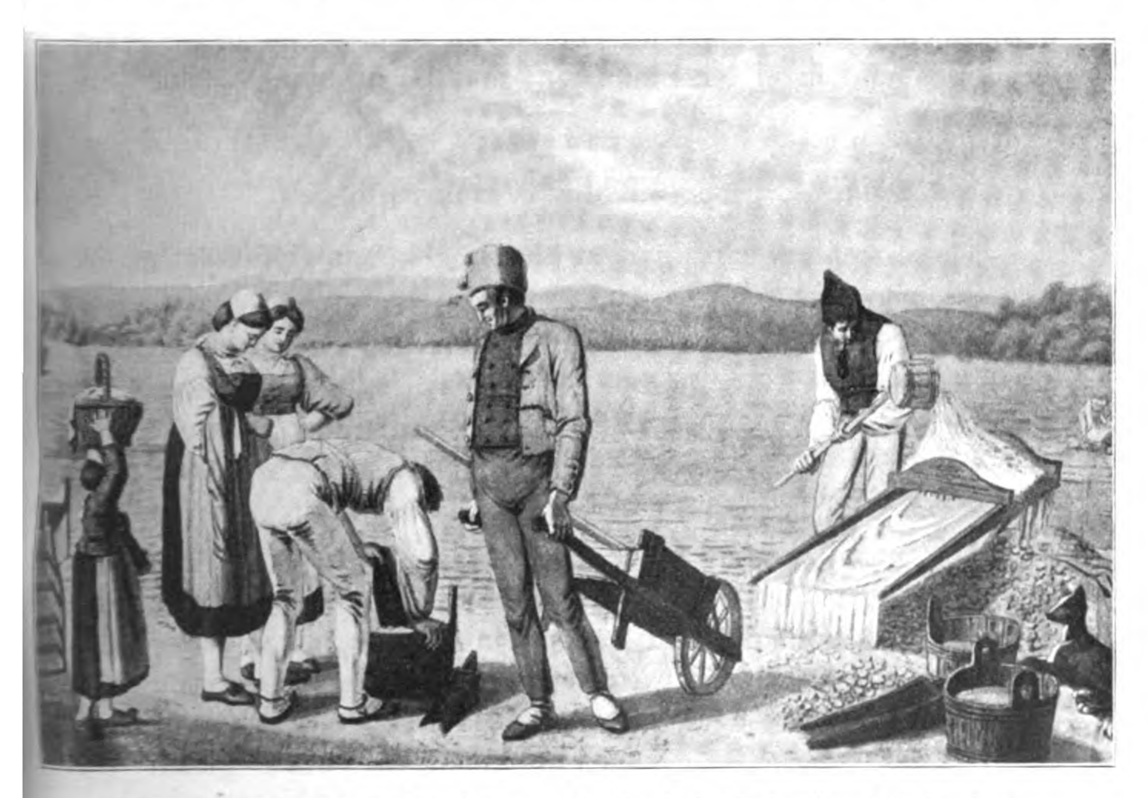


Fig. 3. Goldsandwäschereien am Rhein bei Karlsruhe (Daxlanden)
Nach einem alten farbigen Steindruck, erschienen bei Herder in Freiburg (Breisgau).

sein / dörffen sonst niemand als der Herrschafft das Gold zukommen lassen. Obiges Instrument oder zusammengestossene Bort ist eine Kuhe genannt.«

Die Technik des Goldwaschens ist im folgenden nach dem Ergebnis der persönlichen Nachfrage in ihren einzelnen Prozessen dargestellt, derart daß zuerst das Wesen jedes Vorgangs erörtert ist und alsdann die Einzelheiten in der Ausführung an verschiedenen Orten beschrieben werden.

Das volkskundliche Interesse mag wohl das ausführliche Eingehen entschuldigen.

Die Nennung des Ortes sagt in erster Linie, daß der im obigen Verzeichnis (S. 95 u. 96) genannte Gewährsmann auf die angegebene Art gearbeitet hat. Inwieweit man eine Besonderheit auf die ganze Gegend verallgemeinern darf, oder sie der betreffenden Person zuschreiben muß, ergibt sich z. B. aus dem Vergleich verschiedener benachbarter Ortschaften und kann natürlich nicht immer mit Sicherheit entschieden werden. Der Gebrauch des nachbenannten Schiffchens z. B. ist für die ganze Gegend bezeichnend, das Brennen im Flintenlauf ist dagegen mehr etwas Zufälliges und in erster Linie von dem Besitz eines solchen abhängig.

2. Vorprobe auf die Waschwürdigkeit.

Diese stellt gewissermaßen eine abgekürzte Goldwäsche mit einer kleinen Menge Kies dar.

Eine Schaufel voll Kies wird kreisförmig bewegt, hierdurch der Kies und auch der leichtere Teil des Sandes entfernt, so daß nur der dunkle Goldsand mit den Goldflitterchen zurückbleibt. Deren Anzahl gibt einen Anhalt für die Waschwürdigkeit und den Tagesverdienst bei der Arbeit.

Die nicht hastige Bewegung ist an allen Orten übereinstimmend vorgezeigt worden und kann, in Worten leider nur umständlich klingend, etwa folgendermaßen fixiert werden. Die wagrechte Schaufelfläche wird in ihrer eigenen Ebene bewegt, so daß jeder Punkt derselben einen (natürlich ebenfalls horizontalen) Kreis beschreibt, dessen Durchmesser etwa gleich der Schaufelbreite ist. Diese Angabe mag nur einen etwaigen Begriff der sehr einfachen und natürlichen Bewegung geben.

Als Schaufel wird zumeist eine gewöhnliche Eisenschaufel genommen. In Philippsburg (Jakob Reiß) wird eine durch Brennen geschwärzte Holzschaufel zum besseren Sichtbarmachen der Flitterchen benützt und als Wurfschaufel bezeichnet. In Niederhausen eine Schaufel, wie sie zum Ausschöpfen der Schiffe gebraucht wird.

Die Bewegung geschieht zumeist nicht in der Luft, sondern die Schaufelfläche befindet sich im Wasser oder gerade am

Wasserspiegel. In Iffezheim (Hilser) wurde die Schaufel, welche gut Wasser halten konnte, hiermit angefüllt in der Luft bewegt.

Nach genügendem Wegspülen durch die angegebene Bewegung bleibt schwarzer Goldsand von etwa der gleichen Beschaffenheit, wie nach dem Waschen, auf der Schaufel als ovaler Fleck mit einem ungefähren Durchmesser von 5 cm zurück. Auf dem Goldsand flimmern die Goldblättchen oder bilden bei reicher Anzahl einen Kranz um den schwarzen Sand (Kehl). In Honau und Philippsburg wurde angegeben, daß aller Sand entfernt wurde und nur die Goldflitter übrig blieben.

Über die Beurteilung der Probe sind nachfolgend aus verschiedenen Orten Angaben zusammengestellt:

30 Flitter lohnt schon; Alt-Breisach.

25 Kiedli (Flitter, auch Stäubli genannt) lohnt noch nicht; Niederhausen.

20—30 Kiedli lohnen schon, manchmal sind es 100; Nonnenweier.

15—20 Flitter (Kiedli wird nicht mehr verstanden); Ottenheim.

12 Stück grobes Gold gibt 6 Batzen, ein Goldkranz um die Probe gibt eine Krone Gold gleich 5 Gulden Tagesverdienst.

10—15 Flitter Gold (nach Entfernung von allem Sand s. oben) lohnt; Honau.

6—7 Flitter lohnt schon (Blechschaufel mit Wasser gefüllt s. oben); Iffezheim.

von 20—25 an lohnend; Illingen.

von 20 Körnern an lohnend, im Notfall von 6—8 Körnern; Knielingen.

von 30 Körnern lohnend; Liedolsheim.

25—30 gleich 3 Mark Tagesverdienst, unter 25 nicht lohnend; Rheinsheim.

18—20 Flitter sind das mindeste (aller Sand weggespült und Holzschaufel).

13—15 Körner geben 1.70 bis 2.00 M. Verdienst. Dammmeisterbericht Philippsburg.

bei 30—40 Körner anfangend; Rheinhausen.

Sieht man von den besonderen Behandlungsweisen ab (Honau, Iffezheim, Philippsburg), welche natürlich nicht mit den andern ohne Vorbehalt verglichen werden können, so stimmen

alle Mindestzahlen für die Waschwürdigkeit ziemlich überein und man kann sagen, daß diese bei 20 bis 30 Flitter beginnt. Natürlich spielen außer der Abweichung, die durch die Ausführung der Probe und durch das Zählen selbst entstehen werden, besonders die Größe der Goldflitter eine Rolle, daneben aber auch wohl die etwaige Möglichkeit zu anderem Verdienst, welchem gegenüber das Lohnendsein verglichen werden kann. Gelegentlich wurde auf Goldsand allein gearbeitet (z. B. zeitweise in Illingen), wenn bei zu wenig Flitterchen das Ausbringen des Goldes nicht lohnte.

3. Die Arbeit an der Waschbank.

Vgl. Fig. 3 u. 4.

Die Waschbank besteht aus einer rechteckigen, nicht ganz 2 Meter langen und nicht 1 Meter breiten aus drei Brettern zusammengesetzten Tafel, die an ihren Schmalseiten verschieden hoch gestützt ist, so daß sie der Länge nach abfällt. Auf den beiden Langseiten befinden sich zwei unten etwa nur 3 cm, oben etwa 7 cm hohe Leisten. Etwa auf dem oberen Drittel derselben wird ein Gitter aufgelegt (in Fig. 4 rechts), das an beiden Seiten durch zwei senkrechte Querbrettchen verfestigt ist. Die Bank selbst ist mit Tuch belegt.

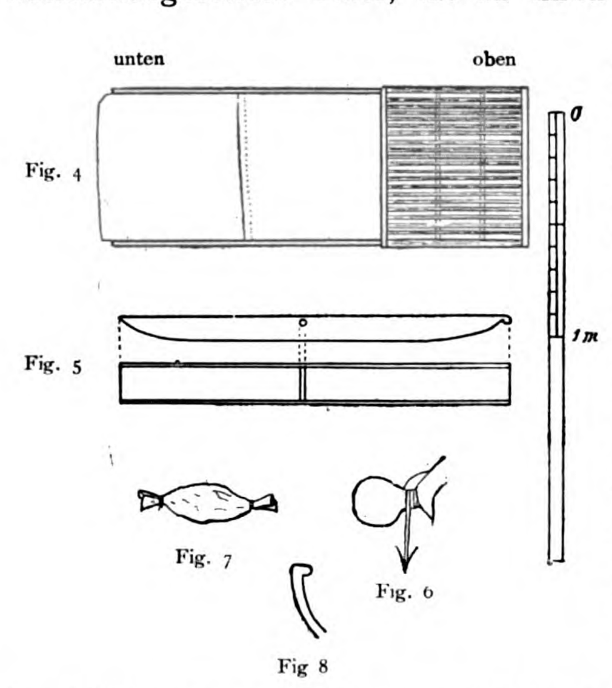


Fig. 4. Goldwäscherbank von oben. Fig. 5. Schiffchen von der Seite und von oben. Der Maßstab gilt für Fig. 4 und 5. Fig. 6. Auspressen des Quecksilbers. Fig. 7. Einwickelung des Amalgams. Fig. 8. Schnitt durch den Rand einer als Sichertrog dienenden Schüssel mit Innenwulst.
(Gez. v. M. Schwarzmann.)

Von dem zu waschenden Kies werden nun auf das Gitter einige (drei) Schaufeln gebracht. Nur der Sand und kleinere Geröllstückchen gehen durch, der gröbere Kies bleibt auf dem Gitter liegen. Mit einem etwa 2—3 Liter haltenden gestielten Schöpfkübel wird der Sand über das Waschbrett hinabgeschwemmt.

Nachdem der Kies aus dem Gitter ausgeschüttet, kommen drei neue Schaufeln auf dasselbe usw., bis das Tuch mit Sand voll ist, so daß beim Weiterarbeiten ein Verlust an Gold zu befürchten wäre.

Die Ausstattung der Waschbank ist überall sehr gleichartig. Das in Altenheim noch erhaltene Brett mißt 1,87 m auf 68 cm. Der Dammeisterbericht von Philippsburg gibt 1,80 m auf 80 cm, Kachel 5 auf $2^1/_2$ Fuß an.

Die Bezeichnung für die Waschbank ist im Süden (in Alt-Breisach, Niederhausen, Nonnenweier), Britsch, in Kehl, Diersheim gelegentlich Goldwäscherkuh, wie in der Beschreibung von Lindenspür, allgemein sonst Waschbank.

Die Anzahl der Tücher auf der Waschbank ist zumeist drei. Nonnenweier, Illingen 4, Kehl, Honau, Wintersdorf 2, Iffezheim 1 Tuch.

In den südlicheren Orten von Niederhausen bis Ottenheim und in Wintersdorf waren die Tücher auf der ganzen Bank von gleichem Stoff. In Niederhausen ein Flanell mit 4 cm langen Haaren, in den andern Orten wollene Tücher. Als bestes wird das Schwabentuch, ein weißer, etwa 2 cm dicker, wollener Filz; bezeichnet. In den andern Orten war das Tuch unter dem Gitter wegen der starken Abnützung durch den herunterfallenden Kies aus Leinen, die andern waren »Schwabentuch«, Flanell (Altenheim) oder sonst rauhes Tuch (z. B. Feuerwehrtuch in Philippsburg, oder anderer schwarzer Kleiderstoff (Rheinsheim).

Die Tücher waren so gelegt, daß das obere das untere etwa 5 cm weit überdeckte (vgl. Fig. 4), so daß kein Sand unter das untere Tuch kommen konnte. Die Schwabentücher waren nicht befestigt. Nur das oberste Tuch wurde schwach angenagelt oder eingepreßt, z. B. in Rheinsheim unter eine am obern Ende befindliche, eingekeilte Querlatte.

Das Sieb oder Gitter entsprach mit seinen beiden seitlichen Brettern der alten Zeichnung. Von Alt-Breisach bis Kehl wurde es als Gatter oder Gätter angesprochen, auch noch in Honau. Schon in Kehl wird es eher als Hurd bezeichnet, welcher Ausdruck nach Norden zu anhält und z. B. in Söllingen in der Verkleinerungsform Hürdel, in Rheinhausen Hördel gebraucht wurde. In Illingen spricht man vom Steinkorb, ohne daß eine andere Form wie in der Abbildung 3 vorlag. In Knielingen nennt man die Vorrichtung Sturzkorb, wie Kachel in der genannten Ab-

handlung. Die Stäbe gingen nach einer Richtung gleichlaufend mit der Langseite der Bank und waren aus Holz. In Liedolsheim und Rheinsheim wurden Schwarzdornstecken verwendet. In Iffezheim hatte das Gitter ein Geflecht nach zwei Richtungen, längs und quer verlaufend.

Das Gitter ist in den südlicheren Orten nur durch geeignete Vorsprünge der Bankleisten am Herabrutschen gehindert, sonst ganz frei aufliegend und wird zum Entfernen des Kieses nicht umgestürzt, sondern ruckartig seitlich geschoben.

Von Freistett nördlich befindet sich eine mehr oder weniger scharnierartige Einrichtung auf der dem Wäscher gegenüberliegenden Seite, welche ein Umstürzen oder Umkippen des Gitters erlaubt, daher vielleicht die Bezeichnung Sturzkorb.

Das Gold blieb vorwiegend auf dem obersten rauhen Tuch liegen, und ebenfalls auf dem oberen Rand des zweiten rauhen Tuches. Wenn die Tücher »mit Sand und Gold angefüllt waren, wurden sie abgenommen und in einem Kübel ausgewaschen. Nur der Gewährsmann von Nonnenweier gibt als Kennzeichen an, »sobald man Gold auf dem unteren Tuch (von 4 Tüchern) sieht, muß man auswaschen«. Bei der Unterbrechung kam es wohl nicht nur darauf an, kein Gold, sondern auch keinen Sand zu verlieren, der ebenfalls gut bezahlt wurde.

Wenn das oberste Tuch glatt war, nahm es kein oder nur wenig Gold auf und wurde deshalb nicht oder seltener als die unteren Tücher abgenommen.

Je nach der Menge des Kieses war die Zeit, bis daß die Tücher angefüllt waren, verschieden, von einer Viertelstunde bis zwei Stunden.

4. Das Auswaschen der Tücher.

Das Tuch wurde mit beiden Händen an zwei Enden gefaßt und langsam in das Wasser eines Kübels getaucht, unter langsam Vor- und Zurückbewegen der Hände wieder herausgezogen und dann der Quere nach etwas zusammengelegt, wieder eingetaucht und mit der gleichen Bewegung der Hände weiter ausgeschwenkt. Hastige Bewegung ist dabei zu vermeiden, damit der auf dem Boden befindliche Sand nicht aufgewühlt wird.

Der Sand setzt sich alsbald auf dem Boden des Kübels ab.

5. Auswaschen des Sandes.

Der im Kübel zurückbleibende Sand enthält immer noch Schlamm und leichten Quarzsand. Er wird deshalb einer Reinigung unterzogen, die allgemein in einem Aufrühren mit Wasser und Abschwenken der leichteren Teilchen besteht. Diese Arbeit erfordert viel Geschick und Erfahrung, um Verluste von Gold zu vermeiden und wurde der jugendlichen Hilfe nicht überlassen.

Von Alt-Breisach bis Freistett und wohl von Steinmauern bis Knielingen[1] wird der Sand aus dem Kübel in ein eigentümliches hölzernes Gefäß, das Schiffchen, gebracht (vergl. Abbildung 5) und nähere Beschreibung weiter unten. Der Sand im mit Wasser gefüllten Schiffchen wird durch Bewegung desselben aufgerührt und dann das Wasser mit Schlamm und leichtem Sand beladen durch eine andere, einem Ausgießen (wie wenn man etwa mit einem Gefäß den Boden spritzen wollte) zu vergleichende Bewegung besonders durch das flache Ende entfernt. In Freistett war das Schiffchen ausnahmsweise nieder, nur drei Finger tief. Das Aufrühren geschah z. T. (Knielingen) durch Anstoßen des Schiffchens gegen die in den Kies senkrecht eingesteckte Schaufel. Das Schiffchen wird mit einer Hand am Bolzen in der Mitte, mit der anderen am Wulst am Ende angefaßt.

Von Söllingen bis Wintersdorf und nördlich von Eggenstein fand ein Ausschwenken im Kübel selbst statt mit möglichst reinem Wasser.

In Iffezheim und Rheinhausen unterblieb ein derartiges Ausschwenken ganz.

Bei reinem Waschwasser war dies möglich. Beim Ausschwenken mußte reines Wasser verwendet werden, denn der Hauptzweck war die Entfernung jeglichen Schlammes, der bei der Amalgamation (6) geschadet hätte.

Der reine Sand wurde nun in einem Kübel in den nördlicheren Orten gewöhnlich in einem irdenen Gefäß gesammelt und abends nach Hause gebracht.

6. Das Amalgamieren des Goldes

besteht aus vier Operationen, dem Aufgießen oder Überspritzen des Quecksilbers, dem Vermengen des Sandes mit dem Queck-

[1] Angaben wurden in Steinmauern, Illingen und Knielingen hiervon gemacht.

silber zum Zweck der Goldaufnahme durch dasselbe, dem Zusammenfließenlassen des Quecksilbers, und endlich dem Ausdrücken des nicht amalgamierten Quecksilbers.

a) Das Schiffchen.

Als Geräte möge hier vorweg das Schiffchen beschrieben werden. Es wird von Niederhausen bis Kehl, in Steinmauern und Illingen für das Auswaschen und für die Amalgamation gebraucht in Honau, Freistett und Knielingen nur für das Auswaschen, in Wintersdorf nur für das Amalgamieren. Nördlich von Eggenstein ist es nicht bekannt.

Das für die Amalgamation gebrauchte Schiffchen kann das gleiche sein, wie das zum Auswaschen oder es sind um den Transport zu sparen zwei da, wobei das größere für die Amalgamation verwendet wird. Das Schiffchen ist dasjenige Geräte, das sich am ehesten bis heute noch erhalten hat. Die Abbildung 5 zeigt die charakterische Form, welche ein Schiffchen wie zum Spielzeug gemacht darstellt. Der Boden ist in seinem mittleren Teil eben und steigt dann 50 bis 30 cm vom Ende entfernt nach vorn und hinten allmählich an. Die Seitenwände sind senkrecht etwa 1 cm stark. In der Mitte haben sie nahe dem oberen Rand eine Durchbohrung für einen hölzernen, als Handhebe dienenden Bolzen. An diesem kann das Schiffchen mittels einer Schnur an einem Haken der Decke aufgehängt werden, und zwar geschieht dies in Hüfthöhe. Recht übereinstimmend sind die Maße des Schiffchens an verschiedenen Orten:

	Länge.	Lichte Breite.	Höhe.	
1. Ottenheim . . .	173 cm	15 cm	10,2 cm	
2. Meissenheim . .	162 »	18 »	12,5 »	
3. Altenheim . . .	150 »	15 »	?	von 1820
4. Diersheim . . .	170 »	14,5 »	11,5 »	
5. Steinmauern . .	170 »	15,5 »	11,5 »	(zum Auswaschen)
6. Illingen	190 »	16 »	13 »	

Die Schiffchen waren entweder aus drei Brettern, dem Boden und den beiden Seiten zusammengesetzt (1—3), oder aus einem einzigen Stück aus Weide oder Pappel ausgehauen (4—6). An einem Ende war ein Wulst, der als zweiter Handgriff diente.

»Schiffchen« ist die allgemein gebräuchliche Bezeichnung. In Illingen wurde es »Grundsaß« oder kurzweg »Saß« ge-

nannt und in Knielingen wurde das hier nur zum Auswaschen verwendete Schiffchen als »Putzmulde« sehr treffend bezeichnet. Der bergmännische Ausdruck »Sichertrog« wird nicht gebraucht.

b) Aufgießen des Quecksilbers.

Hier kommt es darauf an, daß das Quecksilber möglichst in feinsten Kügelchen auf dem Goldsand ausgebreitet wird. Besondere Kunstgriffe wurden mir in Kehl und in Philippsburg gemeldet.

In Kehl brachte Georg Beinhardt 7 das Quecksilber in ein leinen Lümpchen, faßte dies mit dem Daumen und Zeigefinger der linken Hand, daß es im Tuch wie in einem Beutelchen eingeschlossen war und schnalzte dann mit dem Zeige- oder Mittelfinger der rechten Hand auf das Beutelchen, wodurch das Quecksilber in feinsten Kügelchen herauskam (ähnlich in Nonnenweier). In Philippsburg brachte Jakob Reiß das Quecksilber in die geschlossene Hand, und ließ es durch Zudrücken zwischen den Fingern ausspritzen.

c) Vermengen des Quecksilbers mit dem Goldsand.

Wo kein Schiffchen benützt wurde, geschah das Vermengen in einer irdenen Schüssel mit der Hand, wie etwa wenn man einen Teig schafft. Nur der Gewährsmann in Honau war darin vorsichtig und benützte einen Holzlöffel. In Rheinsheim wird eine große Schüssel von $^1/_2$ m Durchmesser benützt, soviel Wasser genommen, daß der Sand beim kreisförmigen Rühren »in Lauf kommt« und besonders darauf aufmerksam gemacht, daß mehr Wasser, als zu einer gewissen teigigen Beschaffenheit notwendig ist, schadet.

Bei Benützung eines Schiffchens für die nächste Operation (d) wurde das Vermengen im Schiffchen selbst ausgeführt, entweder mit der bloßen Hand (Kehl) oder mit einem hölzernen Schäufelchen, das ein wenig kleiner war als der Querschnitt des Schiffchens (15 cm) und einen etwa 20 cm langen Stiel besaß (Nonnenweier, Ottenheim). Es wurde mit beiden Händen beim Umschaffen aufgedrückt, während einer Zeitdauer von 10 Minuten bei zwei Liter Goldsand. In Steinmauern steht ein 44 cm langer Stiel senkrecht zur 17 cm breiten und 25 cm hohen Schaufelfläche, so daß dies hölzerne Werkzeug von der Seite ähnlich wie eine Picke aussieht.

d) Das Zusammenfließenlassen des Quecksilbers.

Hier ist streng das Verfahren im Schiffchen von Alt-Breisach bis Kehl und Wintersdorf bis Illingen von dem in der irdenen Schüssel in den nördlicheren Orten zu scheiden.

Beim Vermengen steht das Schiffchen am besten auf zwei Stühlen oder ähnlich. Beim Zusammenfließenlassen des Quecksilbers wird es an dem Bolzen in der Mitte mit einer Schnur an einem Haken an der Decke aufgehängt. Der Goldwäscher steht hinter dem Schiffchen an der Seite mit dem Wulst und bringt es unter leichtem Vorwärts- und Rückwärtswiegen des Körpers in eine taktartige Bewegung. »Es wird gehozelt« (Kehl), »gegütscht« (Illingen). Der Goldsand, etwa 2 Liter, ist mit Wasser bedeckt, dessen Bewegung die Einhaltung eines gewissen Zeitmaßes bedingt. Das Quecksilber vereinigt sich während dieses Schaukelns zu immer größeren Kügelchen und Kugeln, bis man es etwa nach Verlauf einer Viertelstunde ausschöpfen kann. Hierzu werden die Muscheln des Altrheins (Unio, »Meerschnecken« Niederhausen) benützt und das goldhaltige Quecksilber in ein Schüsselchen gebracht. Das goldhaltige Quecksilber ist schwerer flüssig, träger als das reine. In Illingen wird der Sand aus dem Schiffchen in einen davor stehenden Kübel gespült.

Von Honau an nördlich (Ausnahme Diersheim, hier Schiffchen benützt) bis Iffezheim, in Knielingen und nördlich davon wird eine irdene Schüssel zum Sammeln des Quecksilbers benützt. Hierbei ist das Verfahren ein wenig verschieden.

In Freistett und Söllingen wird eine flache, irdene und glatte Schüssel von 25 cm Durchmesser mit etwa 2 Liter Sand gefüllt, in einen halb mit Wasser gefüllten Kübel, und zwar in das Wasser selbst gehalten und entsprechend bewegt, so daß der Sand allmählich aus der Schüssel in das Wasser des Kübels geht. Es bleibt etwa eine halbe Tasse voll Sand beim Quecksilber zurück. Auch hier wird das Quecksilber mit einer Muschelschale herausgenommen.

In Rheinsheim wird aus der großen Schüssel der Sand portionenweise in eine kleinere genommen und wie eben beschrieben verfahren.

In Liedolsheim und Rheinhausen wurde eine große Teigschüssel in einen halb mit Wasser gefüllten nicht viel größeren

Kübel »gestaucht« und dies oftmals wiederholt. Durch dies abwechselnde Wiedereintauchen und Herausnehmen der Schüssel wurde der leichtere Sand ausgeschwemmt. In Knielingen wird die Schüssel erst »gerädert« und dann in das Wasser des Kübels getaucht, wobei das Ausfließen des Sandes erfolgt.

Abweichend ist das von Wendelin Hilser in Iffezheim angegebene Verfahren. Die große irdene Schüssel wird auf ein Holzkreuz gestellt, das wagrecht an vier Schnüren an der Decke aufgehängt ist und, mit Wasser angefüllt, geeignet bewegt. Es fällt also hier wie beim Schiffchen die Arbeit des Tragens fort.

In Philippsburg wurde eine Schüssel mit 30—40 cm Durchmesser benützt, die an der Innenseite einen Rand hatte, vergl. Zeichnung 8: Sie wird abwechselnd mit Wasser gefüllt, dann »gerädet« und das überstehende Wasser in einen großen darunter stehenden Kübel geleert.

e) Auspressen des goldfreien Quecksilbers.

Auf die Innenseite der wenig hohlen Hand wird ein leinenes Tuch gelegt in den tiefsten Punkt das oben gewonnene goldhaltige Quecksilber gegossen und dies mit dem Tuch beutelförmig umschlossen. Nun wird von der Stelle an, an welcher man das Beutelchen mit Fingern der linken Hand umschließt, spiralförmig eine Schnur herumgewunden (Abbildung 6) und dadurch das Quecksilber enger eingeschlossen, bis das Quecksilber aus den Poren herausspritzt, das Goldamalgam aber als graue feste Masse zurückbleibt. Statt der Anwendung der Schnur erfolgt z. B. in Rheinhausen einfaches Ausquetschen mit den Fingern, in Illingen ein Ausdrehen (Auswinden) aus dem leinenen Beutelchen.

In Niederhausen wird Hirschleder statt Leinen benützt.

7. Das Brennen.

Aus der Legierung von Gold und Quecksilber wird nun möglichst das Quecksilber durch Erhitzen entfernt. Dies geschieht zum Teil auf dem Löffel, indem entweder das Amalgam ohne weitere Hülle hineingelegt wird (Honau, Freistett, Rheinsheim, Rheinhausen) oder das Amalgam erst in Papier eingeschlossen (Illingen) und wie die Zeichnung 7 zeigt, mit Bindfaden beiderseitig zugeschnürt (Altenheim, Kehl) wird Oder es wird

auch in ein feines Lümpchen gehüllt (Söllingen). In Nonnenweier wurde ein breites Blech genommen und auf diesem das Goldamalgam verteilt, in Altenheim ein eiserner Deckel.

Die Erhitzung geschieht nun immer in der Küche erst über schwächerem Kohlenfeuer, das dann zuletzt z. T. mit dem Hut mehr angefacht wurde. War das Amalgam umhüllt, so wurde die halbveraschte Hülle behutsam abgeblasen. Es entsteht nun ein Klümpchen Gold im Löffel, das zumeist rauhe bis warzenförmige Oberfläche hat, ein solches stellt die Abbildung 9 rechts dar, das linke Klümpchen ist ziemlich glatt. Mehrere Klümpchen, an verschiedenen Tagen gebrannt, werden dann wohl auch unvollkommen zusammengeschmolzen, so daß die einzelnen Teile noch wohl zu erkennen sind (Abbildung 9 in der Mitte), Nonnenweier und Ottenweier hatten das Goldamalgam zerschabt und flächenartig ausgebreitet und erhielten ein Pulver und die Gewährsleute erkannten auch die Abbildung 9 nicht.

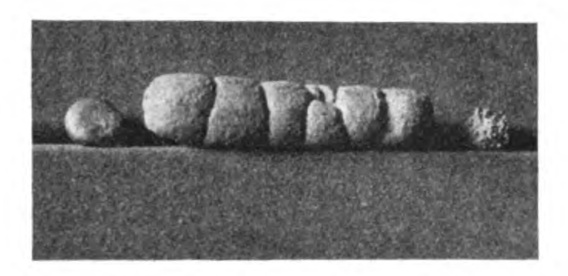


Fig. 9. Von Goldwäschern ausgeschmolzenes Gold, etwas verkleinert.
(Original im Großh. Naturalienkabinett zu Karlsruhe, M. Schwarzmann phot.)

Auch in dem vom Gewehr abgenommenen Flintenlauf wurde das Goldamalgam gebracht, und zwar nahe dem geschlossenen Ende des Laufes. Das andere wurde tiefer und über eine Schale mit Wasser gehalten. Hierdurch wurde das Quecksilber wiedergewonnen. (Altbreisach, Ottenheim, Honau, Illingen, Knielingen, Liedolsheim). In Niederhausen wurde mit einem besonderen, einem Weinheber ähnelnden Gefäß das Quecksilber destilliert und in Wasser aufgefangen. Der Gewährsmann aus Iffezheim war stolz darauf, daß er selbst im Tiegel das Gold mit Borax geschmolzen hat und so als einziger in die Münze brachte. Reiß in Philippsburg lieferte das Amalgam selbst in die Münze.

8. Ablieferung.

Nur vereinzelt fand eine Kontrolle des Wäschers durch Abwägen statt, besonders wenn er es nicht selbst überbrachte. Die Ablieferung mußte an die Münze direkt oder durch Vermittlung geschehen. Von den Befragten lieferten Altbreisach an das Finanzamt in Freiburg, Nonnenweier, Ottenheim, Meissenheim nach Lahr ab, Kehl nach Kehl oder Kork, Honau nach Kehl oder Rheinbischofsheim, Freistett nach Kork oder Rheinbischofsheim, Helmlingen nach Lichtenau, Söllingen nach Rastatt, dann nach Freistett, Iffezheim nach Rastatt. Die Ortschaften bei Karlsruhe und nördlich lieferten direkt an die Münze ab, die nördlichsten aber unerlaubter Weise gelegentlich nach dem nahen Speier, so daß diese Goldgewinnung der nachfolgenden Statistik entgeht.

Beim Apotheker oder in der Münze wurde das Gold mit Borax geschmolzen, dann zur Probe mit dem Hammer darauf geschlagen, wobei kein Zerspringen stattfinden durfte und zur Feststellung des Wertes gewogen und ausbezahlt.

Vor der Verbreitung des Fließpapiers war der Goldsand, der nach der Amalgamation zurückblieb, sehr gesucht. 1 Zentner = 20 Liter Goldsand wurden mit 10 Gulden bezahlt (Kehl).

9. Aufsicht.

Zur Regelung des Betriebes wurden vom Staate aus Aufseher in einzelnen Gemeinden bestellt und mit 9 Kreuzer für 5 Gramm abgeliefertes Gold laut Aktenstück von 1858 vergütet. Seit 1870 fiel diese Vergütung wegen des geringen eingelieferten Betrages fort.

Bezeichnend ist, daß die von mir befragten Goldwäscher meist über den Aufseher nichts mehr zu sagen wußten, wenn nicht etwa ihr Vater selbst ein Aufseher war. Die Haupttätigkeit bestand darin, wenn viele Goldwäscher am gleichen Ort waren, die Platzfrage zu regeln, dann auch dafür zu sorgen, daß die beim Waschen entstehenden Kieshaufen wieder eingeebnet wurden und daß die Goldwäscher nicht, um ja dem andern zuvorzukommen, tief ins Wasser watend oder sonst unzweckmäßig, nur das Gröbste ausbeutend wuschen. Auch mußte dafür gesorgt werden, daß die Ablieferung an die amtliche Stelle geschah.

Die amtlichen Verordnungen sagen das gleiche, auch soll darnach der Aufseher acht haben, daß die Wäscher ihr Geräte imstand haben. Nach den amtlichen Aufzeichnungen waren nicht in allen Waschorten, sondern nur je nach Bedürfnis Aufseher ernannt.

V. Statistisches.

Über die Ablieferung des aus dem Rheine in Baden gewonnenen Goldes sind Aufzeichnungen in den Akten des Großh. Finanzministeriums, mit »Goldwaide« bezeichnet, vorhanden. Es möge auf Seite 117 eine Tabelle gegeben werden, aus welcher der Umfang der Goldwäschereien in einzelnen Ortschaften ersichtlich ist, indem die Ablieferungsmenge für einige ausgesuchte Jahre angegeben wird.

Für einen Überblick über die gesamte Goldproduktion in Baden diene die graphische Darstellung, welche die Verhältnisse besser beschreibt, als mit Worten anzugeben ist. Die jeweilige Gewichtseinheit der betreffenden Zeit wurde ausgezogen, die Kilogrammeinheit gestrichelt durch alle Jahre durchgezogen. Das Zahlenmaterial bis 1874 ist den genannten Akten entnommen, wobei die Umrechnung von Neumann mir einige Dienste bei der Darstellung erwies. Die Jahre nach 1880 beziehen sich auf die Gegend von Philippsburg und sind dem Dammeisterbericht vom 2. Juli 1885 entnommen. Über die Zahl der Goldwäscher gibt z. B. ein Bericht des Inspektors Knobloch aus Eggenstein vom Jahre 1818 einen Anhalt, in welchem aus 10 Gemeinden 55 Goldwäscher angeführt werden.

Für die Überlassung der Akten sei hier dem Großh. Finanzministerium und dem Landesarchiv gedankt.

VI. Beschluß.

Die Eigentümlichkeit des Vorkommens von Goldsand bringt es mit sich, daß ein Maschinenbetrieb ausgeschlossen erscheint. Derartige Versuche fanden statt, sind aber ergebnislos verlaufen. Durch die Rheinkorrektion, durch das Aufhören der Nachfrage nach Goldsand und durch die steigenden Arbeitslöhne ist der Waschbetrieb Anfang der siebziger Jahre (wohl zuletzt in Helm-

Einlieferungstabelle.

	1834/35 Kron.[1]	1839/40 Kron.[1]	1844 Lot[2]	1849 Lot[2]	1854 Lot[2]	1855 Lot[2]	1858 ℔[3]
Albbruck	104	—	1	2	10	3	0,07
Lörrach	11	—	—	—	—	—	—
Istein	—	—	—	—	—	—	—
Altbreisach	—	21	4	5	3	2	0,04
5 Niederhausen	—	8	—	1/4	1	—	—
Nonnenweier	41	232	24	11	38	21	0,20
Ottenheim	—	29	13	1/4	4	3	0,01
Meissenheim	—	8	—	—	—	—	—
Ichenheim	—	—	—	—	—	—	—
10 Altenheim	—	168	4	7	1	3	—
Goldscheuer	—	—	—	—	—	—	—
Griesheim	—	8	—	1/4	—	—	—
Marlen	2	4	—	—	—	—	—
Kehl (Dorf)	85	211	26	24	10	2	0,03
15 Auenheim	52	157	1/2	1/2	1/4	1/4	—
Leutesheim	9	12	4	4	—	14	0,02
Honau	23	80	6	10	7	3	0,16
Diersheim	51	32	1	6	4	1	0,01
Freistett	184	103	19	21	14	25	0,16
20 Helmlingen	247	585	81	94	39	21	0,09
Grauelsbaum	281	167	3	4	11	2	0,49
Greffern	102	65	31	41	4	14	0,52
Söllingen	10	—	1/2	7	5	12	0,001
Stollhofen	—	—	—	—	1/4	—	
25 Hügelsheim	7	125	5	5	7	3	0,01
Neuhäusel	—	—	2	—	1	—	—
Iffezheim	—	—	—	6	18	12	0,15
Wintersdorf	120	78	5	8	—	1	0,02
Plittersdorf	43	158	7	—	1/4	—	—
30 Selz	73	80	—	4	6	8	0,07
Steinmauern	28	—	5	3	1/4	1/4	
Elchesheim	—	—	—	—	—	—	—
Münchhausen	165	215	23	8	—	1/16	—
Illingen	46	33	36	43	24	17	0,14
35 Au	64	159	21	4	3	2	0,10
Neuburgweier	33	—	—	—	—	—	—
Daxlanden	2	4	1/4	1/2	—	—	—
Knielingen	7	7	1	2	1/2	1	—
Eggenstein	77	10	8	3	1	—	—
40 Leopoldshafen	1	52	—	—	—	—	—
Linkenheim	2	17	1/4	—	—	—	—
Hochstetten	1/2	—	1/2	—	—	—	—
Liedolsheim	67	135	7	12	4	11	0,15
Rußheim	15	1/5	1	1/2	—	—	—
45 Rheinsheim	8	12	1/4	12	14	9	0,18
Philippsburg	32	4	1	—	7	7	—
Oberhausen	—	7	—	—	—	—	—
Rheinhausen	—	—	—	—	—	—	—
Versch. Überrhein.	—	97	8	28	16	11	0,35
Staufen	13	—	—	—	—	—	—

[1] 1 Krone = 3/13 Lot = 3,4 g. [2] 1 Lot = 14,6 g. [3] 1 ℔ = 500 g.

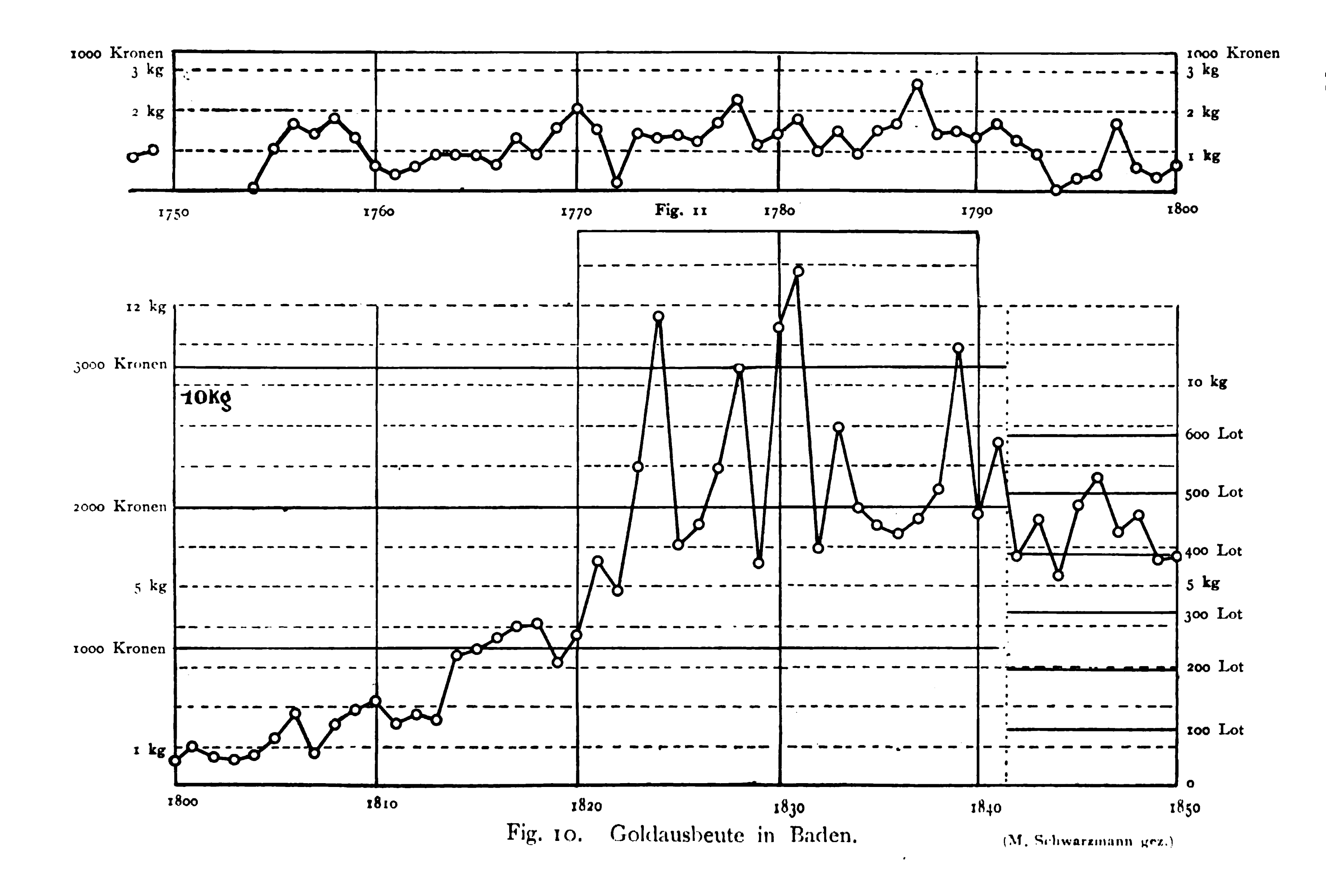


Fig. 10. Goldausbeute in Baden.

(M. Schwarzmann gez.)

lingen, hier noch 1872 gewaschen) aufgehoben worden bis auf die geringe Tätigkeit in Philippsburg und es hat den Anschein, als ob im besten Fall eine solche ganz gelegentliche, aushilfsweise Tätigkeit zu schlechten Zeiten dort erhalten bleiben kann. Lieber ein geringer Lohn als kein Verdienst, sagte mir ein Goldwäscher. Immerhin liegt der Gedanke nahe, ob nicht vielleicht künstlich durch passende Rheinanlagen Ablagerungsstellen für Gold geschaffen werden könnten, wie dies unbeabsichtigt bei Philippsburg der Fall ist, daß man den Rhein gewissermaßen zwingen könnte, an bestimmten Orten, statt wie früher nach eigener Willkür zu waschen. Dann könnte allenfalls, fast würden wir dies bedauern, statt der Goldwäscher eine rationellere Methode die Wascharbeit vollführen.

Die alten Goldwäscher reden alle mit einer gewissen Begeisterung von ihrem früheren Beruf, so anstrengend derselbe auch war. Die Unabhängigkeit von andern, die Beschäftigung im Freien, der gewisse Reiz, den die Erwartung auf den so stark vom Zufall abhängenden Verdienst hat, haben dem Goldwäscher seine Tätigkeit besonders wert gemacht, und die Rüstigkeit der hochbetagten Wäscher, von denen einer mit 80 Jahren noch munter im Felde schafft, zeigt wie gesund die harte Arbeit war.

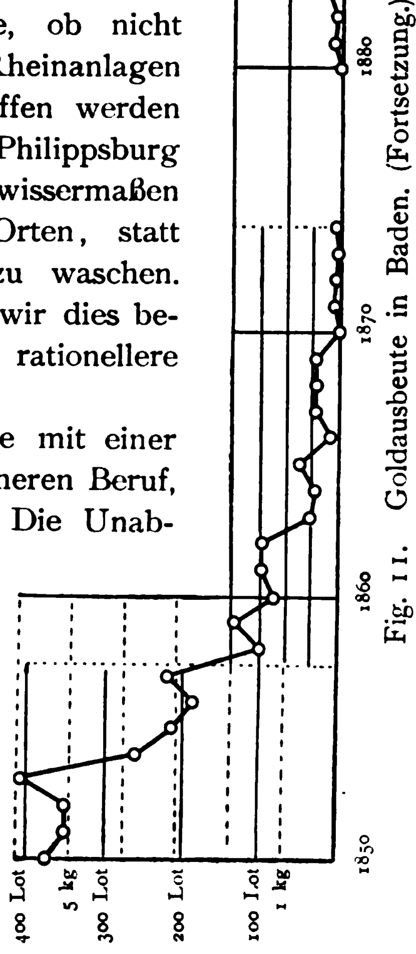


Fig. 11. Goldausbeute in Baden. (Fortsetzung.)

Der Mensch der Urzeit und der Gegenwart.

Von

Dr. Ludwig Wilser

Vorsitzendem der Deutschen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft.

La vraye science et le vray étude
de l'homme c'est l'homme.

Charron 1601.

Wie seit dem Sieg der Abstammungslehre Zoologie und und Botanik aus beschreibenden zu erklärenden Wissenschaften geworden sind, so auch die Menschen- und Völkerkunde, deren Bedeutung für die Gesamtwissenschaft und die allgemeine Weltanschauung die ihrer älteren Schwestern so hoch überragt, als der Mensch, das letzte Glied der langen Entwicklungskette, das unübertreffliche Endergebnis der Schöpfung, über Tieren und Pflanzen steht. Während aber dem zoologischen und botanischen Unterricht auf den meisten Hochschulen reich ausgestattete Anstalten und Sammlungen und überall ordentliche Lehrstühle gewidmet sind, muß sich die Anthropologie, die Wissenschaft vom Menschen im weitesten Sinne, wo sie überhaupt amtlich gelehrt wird, meist mit dürftigen Einrichtungen und außerordentlichen Professuren behelfen, die wir zudem nicht immer mit den geeignetsten, manchmal sogar mit nicht sachverständigen Vertretern besetzt finden. So kommt es, daß der als »Weltgeschichte« vorgetragene allerletzte Abschnitt der Menschheitsentwicklung und Völkerbildung vielfach noch der sicheren naturwissenschaftlichen Grundlage[1] entbehrt, daß die in

[1] Anerkennend muß hervorgehoben werden, daß neuere Geschichtswerke einleitende Abschnitte über die Entwicklungsgeschichte des Menschen aufgenommen haben. So findet sich im ersten, 1899 erschienenen Bande der Helmoltschen »Weltgeschichte« eine Abhandlung von Ranke über »Die Vorgeschichte der Menschheit«, die jedoch schon damals nicht ganz auf der Höhe der Zeit stand. Das Dasein des »Diluvialmenschen« wird zwar nicht mehr bestritten, der grundlegende Fund von Trinil aber gar nicht erwähnt, der vom Neandertal, wie auch der von Spy, nur mit den Worten eines andern Gelehrten, des Paläontologen v. Zittel, angeführt, daß nämlich sein diluviales Alter »nicht im mindesten erwiesen« sei. Ebenso enthält die von v. Pflugk-Harttung herausgegebene »Weltgeschichte« in ihrem ersten Bande von diesem Jahr

verschwenderisch ausgestatteten Krankenhäusern und mit dem denkbar größten Aufwand von Hilfsmitteln gelehrte Heilkunde fast durchweg noch die notwendige Ergänzung durch eine vorbeugende, züchterisch wirkende, rasseverbessernde Volksgesundheitspflege vermissen[2] läßt.

Trotz alledem hat die Menschenkunde in den letzten Jahrzehnten große und vielverheißende Fortschritte gemacht. Mit Hingebung und Opfermut arbeitende Forscher haben in mühsamen, langwierigen Einzeluntersuchungen die rassenhafte Zusammensetzung der verschiedenen Völker, die Verbreitungs- und Ausstrahlungsgebiete der beteiligten Rassen zu ermitteln, andere, Schutthalden und Höhlengründe nach Überbleibseln ausgestorbener Vor- oder Urmenschen durchwühlend, durch sorgfältige Vergleichung der Gebeine urweltlicher mit solchen lebender Menschenarten die Abstammungsverhältnisse und verwandtschaftlichen Zusammenhänge beider festzustellen gesucht. Durch unanfechtbare Tatsachen sind die hergebrachten Irrlehren erschüttert oder gestürzt, und auf deren Trümmern erhebt sich als stolzer, festgegründeter Bau die Vergangenheit und Gegenwart umfassende, Naturforschung und Geisteswissenschaft verbindende neuzeitliche »Wissenschaft vom Menschen«.

Über verschiedene Abschnitte dieses ausgedehnten Forschungsgebietes habe ich schon früher im Karlsruher Naturwissenschaftlichen Verein zu sprechen die Ehre gehabt, so 1892 über »Unsern Stammbaum«, 1894 über »Europäische Menschenrassen«, 1896 über »Auslese und Kampf ums Dasein mit besonderer Hinsicht

---

u. a. eine Arbeit von Haeckel, »Entwicklungsgeschichte des Menschen«, und eine solche von v. Luschan mit der gleichen Überschrift, »Rassen und Völker«, wie mein vor elf Jahren auf dem 7. Internationalen Geographenkongreß in Berlin gehaltener Vortrag. Auf des ersteren Forschers »Stammbaum der Herrentiere« werde ich gelegentlich des von mir entworfenen zu sprechen kommen; der andere, der überhaupt schwebende Streitfragen meist nur andeutet, nicht in bestimmter Weise beantwortet, schreibt zwar ganz richtig: »Der anatomische Begriff der Rasse und der linguistische Begriff der Sprachenfamilie dürfen nicht miteinander verwechselt werden«, gibt aber doch keiner einzigen Menschenrasse eine naturwissenschaftliche Bezeichnung und gebraucht z. B. den geschichtlichen Namen »Hamiten« für einen entschiedenen Rassebegriff.

[2] Daß auch in dieser Hinsicht eine erfreuliche Wendung zum Besseren sich vollzieht, zeigt, um nur ein Beispial anzuführen, der schöne und beherzigenswerte Vortrag von Fischer, »Sozialanthropologie und ihre Bedeutung für den Staat«, Freiburg u. Leipzig, Speyer u. Kaerner, 1910.

auf den Menschen«, 1898 über »Die Theorien von Ranke und Sergi über den Ursprung des europäischen Menschen«, 1899 über den »Pithecanthropus und die Abstammung des Menschen«, 1902 über »Rasse und Gesundheit«, 1903 über »Die Rasse des schwedischen Volkes«, 1908 über »Spuren des Vormenschen aus Südamerika«, 1910 über den »Fossilen Menschen«, und mit Genugtuung darf ich sagen, daß in der Hauptsache der Fortschritt der Wissenschaft in der von mir eingeschlagenen Richtung erfolgt ist, daß meine Anschauungen, allerdings nach heftigen Kämpfen mit Vorurteil und Beschränktheit, das Feld behauptet und die Anerkennung urteilsfähiger Forscher errungen haben. Gerne folge ich darum der ehrenvollen Aufforderung, an dieser hervorragenden Stelle meine Lehren nochmals in kurzer, nach dem heutigen Stand der Wissenschaft ergänzter Zusammenfassung vorzutragen.

Es ist die beste Probe auf die Vertrauenswürdigkeit einer Lehrmeinung, wenn sie Überraschungen nicht zu scheuen braucht, wenn nichtvorherzusehende Entdeckungen sich ihr ungezwungen einfügen und angliedern. Während solche Stimmen — zum Teil von hochangesehenen Gelehrten —, die noch zu Ende des vorigen Jahrhunderts den Vormenschen oder Proanthropus und das fehlende Bindeglied unserer Vorfahrenreihe, das »missing link« der Engländer, ins Reich der Träume verwiesen hatten, angesichts des Fundes von Trinil und anderer unerbittlicher, durch den Spaten ans Licht gebrachter Tatsachen verstummen mußten, haben diejenigen recht behalten, nach denen zwar der Mensch nicht »vom Affen abstammt«, aber doch mit den uns durch Leibesbau und Lebensvorgänge, durch Blutbeschaffenheit und Empfänglichkeit für gewisse Krankheiten von allen Geschöpfen am nächsten stehenden Großaffen gemeinsame Vorfahren hat. »Die jetzt noch in Afrika und Asien lebenden Arten (der menschenähnlichen Affen)«, hatte ich in meinem Vortrag von 1892, als der Fund von Trinil schon gemacht, aber noch nicht veröffentlicht war, gesagt, »sind von den unmittelbaren Vorfahren des Menschen abstammende Seitenlinien.« Diese an der Gabelung des Stammbaumes stehenden, also die Bezeichnung »Bindeglieder« mit vollem Recht verdienenden Vorfahren sind zwar noch nicht gefunden, paläontologisch bis jetzt nicht »belegt«, wohl aber Geschöpfe, die eine zwischen ihnen und der ältesten Menschenart ungefähr in

der Mitte liegende Entwicklungsstufe einnehmen und darum als »Vormenschen« betrachtet und unter dem naturwissenschaftlichen Namen Proanthropi unserer Ahnenreihe eingefügt werden dürfen.

Fast zwei Jahrzehnte sind verflossen, seit die von Dubois, damals Arzt in niederländischen Kriegsdiensten, 1891/2 bei Trinil auf Java mit solchen ausgestorbener Tierarten ausgegrabenen menschenähnlichen Gebeine, ein Schädeldach, drei Zähne und ein Oberschenkel, berechtigtes Aufsehen machten und die wissenschaftliche Welt in lebhafte Aufregung versetzten. Nach und nach haben sich die hochgehenden Wogen des Gelehrtenstreits geglättet, die anfangs weit voneinander abweichenden Ansichten genähert und geklärt, und zwar in dem vermittelnden Sinne, den ich schon in meinen Ausführungen von 1899 vertreten hatte: der Träger der merkwürdigen Knochenstücke war weder ein großer Affe noch ein richtiger, wenn auch tiefstehender Mensch, sondern ein zwar aufrecht gehendes, aber noch so flachschädeliges und kleinhirniges Wesen, daß es auf den Namen Homo entschieden keinen Anspruch hat, sondern einer neuaufzustellenden vormenschlichen Gattung, naturwissenschaftlich Proanthropus, zugeteilt werden muß. Als sein Entdecker die Bezeichnung Pithecanthropus erectus, d. h. »aufrecht gehender Affenmensch«, in Vorschlag brachte, war er noch ganz von der jetzt überwundenen Vorstellung der Affenabstammung beherrscht; eine allerdings durchaus »hypothetische Form«, der Urgibbon oder Prothylobates, sollte unser und der Menschenaffen gemeinsamer Vorfahr sein. Obwohl es im allgemeinen in der Wissenschaft Brauch ist, die erste Namengebung anzuerkennen, habe ich darum doch, da sie offenbar auf einer falschen Voraussetzung beruhte und auch noch nicht fest eingebürgert war, in diesem Falle versucht, sie durch die zutreffendere Bezeichnung Proanthropus zu ersetzen, zugleich aber durch die Beibehaltung des sehr passenden Beinamens erectus dem Entdecker die schuldige Ehre erwiesen.

Zur wesentlichen Bereicherung unserer Kenntnisse vom Vormenschen haben einige merkwürdige, an einem anderen Ende der Welt, in Südamerika, gemachte Funde beigetragen. Seit vielen Jahren lag unbeachtet im Museum von La Plata ein unscheinbares, aus dem Pampaslehm von Monte-Hermoso stammendes Knöchelchen, auf das vor kurzem Lehmann-Nitsche, seit 1897 Vorstand der anthropologischen Abteilung, durch eine

naue, mit Abbildungen versehene Beschreibung seine Fach-
nossen aufmerksam gemacht hat. Es handelt sich um einen
alswirbel, und zwar den obersten oder Atlas, von so eigen-
tiger Bildung, daß er, wie sich jeder Sachverständige durch
gene Vergleichung überzeugen mag, weder einer kleinwüch-
gen Menschenart noch einem großen Affen angehört haben
ınn; er verhält sich demnach in dieser Hinsicht genau so wie
e Fundstücke von Trinil, auf die auch der Beschreiber ausdrück-
ch hinweist. Wenn dieser trotzdem den Besitzer des Wirbels durch
ie Benennung Homo neogaeus der Gattung Mensch zuteilt, will
ıir dies nicht ganz folgerichtig scheinen; zudem hat der gewählte
usdruck gar nichts Bezeichnendes und könnte leicht zu Ver-
echslungen mit Homo americanus, wie man die lebenden Be-
ohner von Amerika naturwissenschaftlich zu benennen pflegt,
nlaß geben. Der Doppelname Proanthropus neogaeus für die
ıeuweltliche Art des nun in beiden Erdhälften durch Knochen-
unde belegten Vormenschen verdient entschieden den Vorzug.
Wider Erwarten ist eben diese Art bald durch eine neue, im vorigen
Sommer anläßlich von Hafenbauten in Buenos Aires gemachte
Entdeckung bestätigt worden. Der steinharte Knochen, ein Stirn-
bein mit den vorderen Teilen der beiden Scheitelbeine, lag, wie
Ameghino in einer ausführlichen, durch Abbildungen erläuterten
Veröffentlichung berichtet, tief unter dem heutigen Meeres-
spiegel und erinnert durch seine altertümliche Gestalt, ungemein
flache Stirne, große Schmalheit und Enge des Schädels, auffallend
an das entsprechende Fundstück von Java[3]. Die einander gegen-

---

3 Als gewissenhafter Berichterstatter fühle ich mich zu der Anmerkung verpflichtet, daß Lehmann-Nitsche, wie er mir mitteilt, Ameghinos Ansicht über die entwicklungsgeschichtliche Bedeutung des Stirnbeins nicht teilt, sondern an demselben Krümmungen wie beim »rezenten« Menschen zu finden glaubt. Eine scharfe Scheidung zwischen »fossilem« und »rezentem« Menschen ist jedoch nicht möglich, und sollte wirklich nach sorgfältiger Nachprüfung — bisher konnte man ja nur nach Abbildungen urteilen — die Mehrzahl der Sachverständigen das sicher alte und wertvolle Fundstück nicht für vormenschlich, sondern für menschlich erklären, so würde es eben aus der Gattung Proanthropus neogaeus, die immer noch durch den Halswirbel belegt bleibt, ausscheiden und dem Homo pampaeus zugeteilt werden müssen. Es sei übrigens daran erinnert, daß auch das viel vollständigere Schädeldach von Trinil zuerst heftige Meinungskämpfe entfachte und von manchen Anthropologen als menschlich angesprochen wurde, bis schließlich doch in der Hauptsache die ursprüngliche Auffassung des Entdeckers das Feld behauptete.

übergestellten Ergänzungsversuche von Dubois und Ameghino geben, wenn sie auch nicht in allen Stücken gelungen sein sollten, jedenfalls eine gute Vorstellung von dem aufrecht getragenen, aber durch seine Kleinheit im Verhältnis zu den Kauwerkzeugen fast noch tierischen Kopf des Vormenschen. Nach den neuesten Kieferfunden möchte man Kinn und hinteren Kieferwinkel am Schädel von Trinil mehr abgerundet und die Eckzähne weniger stark ausgebildet sehen, während bei der Wiederherstellung durch den amerikanischen Forscher die Nase entschieden zu hoch und lang ausgefallen, die untere innere Ecke der Augenhöhlen zu weit ausgezogen ist. Ameghino, der bekanntlich die Urheimat des Menschengeschlechts in Südamerika sucht, nimmt zwei Vorstufen des vollentwickelten Menschen an, die eine, ältere durch den Halswirbel, die andere, jüngere durch das Schädeldach belegt, und gibt ihnen die seltsam aus lateinischen und griechischen Bestandteilen zusammengesetzten Namen Tetraprothomo argentinus und Diprothomo platensis. Je mehr Namen, desto größer die Verwirrung; wir kommen vollständig mit der bis jetzt in zwei Arten (erectus und neogaeus) bekannten Gattung Proanthropus aus.

Wie mag dieser Vormensch, der zwar nicht unser Stammvater, aber doch ein naher Verwandter von ihm ist, ausgesehen haben? Aus wenigen, aber wichtigen Knochenteilen, zwei Schädeldächern, einem obersten Halswirbel, drei Zähnen und einem Schenkelbein, müssen wir das Gerippe zu ergänzen, durch Vergleichung der höchstentwickelten Affen mit den am tiefsten stehenden Menschen die äußere Erscheinung vor unserem inneren Auge erstehen zu lassen suchen: kleiner bis mittlerer Wuchs, aufrechter Gang, aber Füße mit abstehenden Großzehen, kurze Arme mit fast menschlichen Händen, dichtes, bräunliches Haarkleid, kurzes Haupthaar bei beiden Geschlechtern, große dunkle Augen, langer, schmaler und flacher Schädel, tierisches Gesicht mit vorspringender Schnauze, kräftiges, aber nicht raubtierartiges Gebiß. Von den verschiedenen künstlerischen Darstellungsversuchen ist ohne Frage das von Dubois 1900 auf die Pariser Weltausstellung geschickte, in meiner »Menschwerdung« abgebildete Standbild am besten gelungen. Vielleicht dürfte die Behaarung etwas stärker hervorgehoben, der Gesichtsausdruck noch tierischer sein.

Daß eine solche Vorstufe des Menschen an zwei so weit auseinanderliegenden, durch die tiefsten Meere getrennten, an-

nähernd dem gleichen (diluvialen) Erdalter angehörenden Fundstätten nachgewiesen ist, wird von ausschlaggebender Bedeutung sein für die berühmte Streitfrage nach der Urheimat des Menschengeschlechts. Zwei so nahverwandte Arten müssen unbedingt einen gemeinsamen Ursprung haben, und dieser kann selbstverständlich nur in einer Gegend gesucht werden, von der aus beide Fundländer gleich gut und gleich schnell zu erreichen waren. Dabei ließe sich an Afrika denken, wenn nicht die Überbleibsel der wohl entwicklungsgeschichtlich, aber nicht erdgeschichtlich jüngeren, soweit bis jetzt bekannt, ältesten Menschenart (Homo primigenius) sämtlich in Europa lägen und darum nach dem aus der Verteilung der fossilen wie der lebenden Arten erschlossenen, zuerst von mir in Worte gefaßten »Verbreitungsgesetz der Lebewesen« eine südnördliche Richtung der vor- und urmenschlichen Wanderungen[4] ausschlössen. Ganz ähnlich liegen, um nur ein Beispiel anzuführen, die Verhältnisse für die Gattung Elephas, deren auf tieferer Entwicklungsstufe stehende Vorläufer, Mastodonten, Moeritherien, Stegodonten, auch im Süden, in Amerika, Afrika und Asien gefunden sind, während richtige Elefanten, wie sie jetzt in Mittelafrika und Indien leben, fossil nur auf der nördlichen Halbkugel vorkommen.

Gehen wir nun zu den fossilen Arten über, die wegen Erweiterung des Schädelraums und entsprechender Rückbildung der Kiefer schon des Namens »Mensch« würdig und darum der Gattung Homo einzureihen sind, so sei vorausgeschickt, daß ich, nach einer allerdings etwas willkürlichen Scheidung, den Begriff des »fossilen Menschen« bis zum Schluß der alten Steinzeit, des

[4] Nach Zeitungsberichten hat auf der diesjährigen, in Köln abgehaltenen Anthropologenversammlung Klaatsch, der Vater so mancher unhaltbaren, von ihm selbst aufgegebenen Theorie, in einem Vortrag über »Menschenrassen und Menschenaffen« die, übrigens nicht unwidersprochen gebliebene, Behauptung aufgestellt, die »Neandertal-Gorilloiden« (soll heißen: die mit dem Gorilla näher als mit andern Großaffen verwandten Urmenschen der Neandertalrasse) seien über Afrika, die »Aurignac-Orangoiden« (d. h. die mit dem Orang näher verwandten Angehörigen der Aurignac-Rasse) dagegen über Asien nach Europa gekommen. Wenn auch, was ich als anatomisch unbegründet bestreite, solche Verwandtschaften bestünden, so würden doch derartige Wanderwege, die ein gemeinsames Ursprungsland im fernen Osten voraussetzten, im Widerspruch stehen mit den auf unseren Weltteil beschränkten Fundorten urmenschlicher Gebeine, mit den allgemein gültigen Gesetzen der Tierverbreitung und mit dem großen Zug des Lebens vom Norden zum Süden.

sog. Paläolithikums, vor ungefähr 20000 Jahren ausdehne. Zwischen Homo fossilis und Homo recens kann ich wohl einen zeitlichen Unterschied, aber keinen entwicklungsgeschichtlichen Gegensatz zugeben, da es unter den lebenden Rassen auch solche gibt, die, weil in der Entwicklung zurückgeblieben, tief unter den fortgeschrittensten und kaum über den unentwickeltsten fossilen stehen. Darum gebrauche ich auch nicht, wie manche Forscher tun, den von Linné herrührenden Ausdruck Homo sapiens als gleichbedeutend mit Homo recens, sondern mit Homo schlechtweg. Nach allgemein in der Naturwissenschaft gültigen Grundsätzen bezeichnet in den Doppelnamen der erste Bestandteil die Gattung, der zweite die Art. Ich verwende solche daher vorzugsweise für die fossilen und lebenden Grundrassen der Menschheit, Homo primigenius, Homo niger, Homo brachycephalus und Homo europaeus, die zweifellos, wenn auch fruchtbare Vermischung möglich, so verschieden sind wie die meisten Tierarten. In einzelnen Fällen, wie bei Homo alpinus, Homo mediterraneus statt Homo brachycephalus var. alpina, Homo europaeus var. mediterranea u. dgl. gebrauche ich der Kürze und des Herkommens wegen unter diesem Vorbehalt auch die einfacheren Bezeichnungen. Innerhalb der verschiedenen fossilen Arten oder Unterarten wird die geschichtliche Reihenfolge der einzelnen Funde eingehalten werden.

Als erd- und entwicklungsgeschichtlich älteste Menschenart ist seit der denkwürdigen, grundlegenden Entdeckung im Neandertal vom Jahr 1856 die »urmenschliche« bekannt, früher meist als »Neandertalrasse«, von den Franzosen irrtümlich als »race de Canstadt«, seit 1897 nach meinem Vorschlag natürwissenschaftlich als Homo primigenius bezeichnet. Da die wertvollen, jetzt eine Zierde des Bonner Museums bildenden Fundstücke nicht nur aus dem bekannten Schädeldach, sondern auch aus verschiedenen Rumpf- und Gliedmaßenknochen bestanden, hätte man sich damals schon ein ziemlich genaues Bild unserer frühesten menschlichen Vorfahren machen können, wenn nicht die vorgefaßte, durch die seltsamen, heute kaum begreiflichen Urteile gelehrter Zeitgenossen bestärkte Meinung noch übermächtig gewesen wäre. Sollte man es für möglich halten, daß der unerschrockene, durch Zeit und fortschreitende Erkenntnis gerechtfertigte Entdecker Fuhlrott für seine hochwichtigen Mitteilungen von den zu Pfingsten 1857

in Bonn versammelten Naturforschern der Rheinlande nur mit »Achselzucken« und keinem einzigen »ermutigenden Worte« belohnt wurde? Leider erlebt man es nur allzu oft, daß die wahren Bahnbrecher der Wissenschaft bei Lebzeiten sich mit dem Bewußtsein des eigenen Wertes begnügen müssen und Anerkennung erst nach ihrem Tode finden.

Noch heute nicht ganz aufgeklärt ist das erdgeschichtliche Alter der Gebeine. Die Felsschlucht, in der diese im Lehm eingebettet lagen, war so eng, daß sie weder als Zufluchtsort noch als Grabstätte dienen konnte; die einzelnen Stücke müssen durch fließendes Wasser von oben herabgeschwemmt worden sein. Da aber in der nächsten Nachbarschaft Knochen von Elefanten und anderen bei uns ausgestorbenen Tierarten sich gefunden haben, kann wohl im allgemeinen der diluviale Ursprung nicht bezweifelt werden. Worüber sich aber streiten läßt und in der Tat noch gestritten wird, das ist die Frage, ob diese tiefstehende, in manchen ihrer Merkmale an die verwandten Großaffen und Vormenschen erinnernde Menschenart vollständig ausgestorben ist oder, weiter entwickelt, in einer oder der anderen neuzeitlichen Rasse fortlebt. Nach gewissenhaftester Erwägung aller in Betracht kommenden Umstände und sorgfältiger Vergleichung mit den gleichalterigen Tierarten hat sich mir die Überzeugung befestigt, daß der europäische Urmensch in seinem Fundbereich erloschen ist und höchstens, wenn auch nicht unverändert und unvermischt, in einigen der entwicklungsgeschichtlich am weitesten zurückgebliebenen, räumlich am weitesten vorgedrungenen Wildvölker, wie Buschmänner, Australier, Feuerländer u. ä., sich erhalten hat. Eine Fortentwicklung des Menschengeschlechts und zwar aus ganz ähnlich beschaffenen Vorfahren muß allerdings stattgefunden haben, aber in Gebieten, die meiner Ansicht nach wegen Überflutung oder Vereisung der Forschung nicht mehr zugänglich sind.

Die drei folgenden Jahrzehnte, ein ganzes Menschenalter, haben außer einigen Zähnen und Kieferbruchstücken nur wenig zutage gefördert, was zur Bestätigung der fossilen Art Homo primigenius dienen konnte. Im Herbst 1881 sah ich auf der österreichischen Anthropologenversammlung in Salzburg den kurz vorher in Mähren gefundenen Schipkakiefer. Angesichts dieses merkwürdigen Knochenstückes spalteten sich die anwesenden

Sachverständigen in zwei Lager, indem die einen unter Virchows Führung es für »pathologisch«, die anderen, denen auch ich, obwohl damals noch Neuling in diesen Dingen, mich angeschlossen hatte, für »urmenschlich« erklärten. Einen großen Schritt vorwärts machte die Kunde vom Urmenschen 1886 durch die Aufdeckung zweier Gerippe in einer Höhle bei Spy, an einem Nebenflüßchen der Maas, nicht weit von Namur. Die auf den ersten Blick eine unverkennbare Ähnlichkeit mit denen vom Neandertal zeigenden, aber auch wertvolle Ergänzungen, wie Kiefer, Gebiß, Wirbel, Schienbein, Hand- und Fußknochen, enthaltenden Gebeine sind bekanntlich durch Lohest und de Puydt geborgen, durch Fraipont wissenschaftlich bearbeitet worden. Sie bilden, wie dieser Gelehrte 1889 auf dem 10. Internationalen Anthropologenkongreß in Paris ausführte, einen »unwiderleglichen Beweis« für die Wirklichkeit der Neandertalrasse als ältester, unentwickeltster, mit den Riesentieren der Eiszeit gleichzeitiger Menschenart. Wer aber glaubt, durch eine so unanfechtbare, den versammelten Fachmännern aller Länder unterbreitete Entdeckung sei das alte Vorurteil aus der Welt geschafft worden, unterschätzt dessen Macht und Zähigkeit. Leider waren es gerade die von ihren damaligen Führern irregeleiteten deutschen Anthropologen, die 1892 auf der Versammlung von Ulm die zweifellos unpassende Bezeichnung »race de Canstadt« dazu benutzten, jeder fossilen Menschenart überhaupt die Daseinsberechtigung abzusprechen. Mit Beschämung müssen wir gestehen, daß wir die Worte des genannten belgischen Forschers, die Teilnehmer jener Versammlung hätten »entweder aus Unwissenheit oder aus bösem Willen gesündigt«, nicht zu widerlegen vermögen. »Diese Zurechtweisung«, bemerkt dazu der Pariser Paläontologe Boule, »ist hart, aber ist sie nicht wohlverdient?« Noch in seinem 1894 erschienenen Werke »Der Mensch« wiederholt Ranke, der langjährige Generalsekretär der Deutschen Anthropologischen Gesellschaft, der einzige ordentliche Professor für diese Wissenschaft in Deutschland, mit Genugtuung das Kollmannsche Wort: »Es gibt keine primitiven Rassen Europas«, und stellt sich damit ganz auf den glücklich überwundenen, schon damals durch die Tatsachen unmöglich gewordenen Standpunkt Cuviers: »L'homme fossile n'existe pas.« Die Schädel der beiden Skelette von Spy sind nicht vollkommen gleich: der eine (gewöhnlich als Spy II bezeichnet),

offenbar einem sehr kräftigen Manne angehörend, ist bei ungefähr gleicher Länge etwas höher und breiter als der andere, zierlichere. Doch sind die Unterschiede nicht bedeutend genug, um die Aufstellung einer besonderen Abart zu rechtfertigen. In der Hauptsache, den mächtigen Augenwülsten, der verhältnismäßigen Flachheit und Schmalheit, dem Längsdurchmesser von etwa 200 mm u. a., stimmen beide durchaus mit dem Neandertaler überein.

Vollständig wurden die Zweifler erst durch die in den Jahren 1899/1900 und 1902/3 durchgeführten Ausgrabungen bei Krapina in der Nähe von Agram zum Schweigen gebracht, wo zahlreiche, allerdings meist in kleine Stücke zerschlagene Menschenknochen zum Vorschein kamen, von denen ich einen Teil, vom Entdecker mitgebracht und erläutert, auf der Kasseler Naturforscherversammlung selbst gesehen habe. Einige flache Stirnbeine mit den kennzeichnenden Augenwülsten, mehrere Kieferstücke und sonstiges stellen die Zugehörigkeit zu Homo primigenius sicher. Auf Grund eines nach dem vollständigsten und besterhaltenen Schädelbruchstück zuerst auf 85, später auf 82 berechneten Längenbreitenverhältnisses (Index) glaubte indes der Agramer Forscher eine rundköpfige Abart (varietas brachycephala krapinensis) des Urmenschen annehmen, aus den Größenverhältnissen einziger Rumpf- und Gliedmaßenknochen auf das Vorhandensein zweier verschiedener Arten oder Rassen schließen zu dürfen, von denen die schwächere, durch die stärkere ausgerottet, dieser sogar zum Teil als Nahrung gedient habe. Ich muß gestehen, daß ich in dieser Hinsicht, bei aller Anerkennung seiner großen Verdienste um die Bergung und Erhaltung der kroatischen Funde, mit Gorjanovic-Kramberger nicht ganz übereinstimmen kann. Die Indexberechnung aus einzelnen Schädelstücken ist viel zu unsicher, um zuverlässige Schlüsse zu gestatten, und die Zierlichkeit mancher Knochenteile erklärt sich ungezwungener aus Verschiedenheiten des Alters und Geschlechts; eher ließe sich vielleicht nach der zweifellos eigenartigen Zahnbildung mit Adloff, wenn auch keine besondere Art, so doch eine örtliche Spielart begründen. Hervorzuheben sei noch, daß unter der begleitenden Tierwelt von Krapina das wärmeliebende haarlose Nashorn (Rhinoceros Merckii), unter den zahlreichen paläolithischen Steingeräten auch ein hölzernes Werkzeug, bis jetzt das einzige seiner Art aus so alter Zeit, vertreten ist.

Nur vier Jahre vergingen, bis wieder ein wertvoller, für unsere engere Heimat besonders wichtiger Fund gemacht wurde. Am 21. Oktober 1907 warf in einer schon lange als Fundstätte diluvialer Tierknochen bekannten Sandgrube bei Mauer im Elsenztal, einem alten Neckarlauf, ein Arbeiter mit seiner Schaufel ein Knochenstück heraus, das der herbeigerufene Besitzer sofort mit richtigem Blick als »untere Kinnlade . . . von einem Urmenschen« erkannte und in dankenswerter Weise der paläontologischen Sammlung in Heidelberg überwies. Die schön ausgestattete, mit zahlreichen anschaulichen Abbildungen versehene Veröffentlichung von Schoetensack, der ja in entwicklungsgeschichtlichen und vergleichend-anatomischen Fragen nicht sachverständig ist, gibt lediglich die Ansichten wieder, wie sie Klaatsch bald nach der Entdeckung, ehe eine genaue Nachprüfung durch andere Fachgenossen möglich war, in öffentlichen Vorträgen ausgesprochen hatte. Da ich schon mehrfach, mit Wort und Feder, meine davon abweichende Auffassung ausführlich begründet habe, sei hier nur kurz wiederholt, daß weder Fundumstände und gleichaltrige Tierwelt, noch Gestalt des Kiefers und Gebisses selbst zur Aufstellung einer bisher nicht bekannten, entwicklungsgeschichtlich noch unter dem Neandertaler stehenden Menschenart berechtigen. Wäre dies wirklich der Fall, so würde ich als erster die Übertragung des Artnamens primigenius auf die nunmehr älteste species humana und für die »Neandertalrasse« etwa Homo antiquus oder eine ähnliche Bezeichnung vorgeschlagen haben. Daß der Nachweis einer solchen menschlichen Vorstufe im Herzen unseres Erdteils nicht etwa Klaatschs Theorien, sondern im Gegenteil meine eigenen Lehren über Ursprung und Ausbreitung des Menschengeschlechts bekräftigen würde, bedarf keiner besonderen Hervorhebung.[5] Beifügen möchte ich nur noch, daß schon im

[5] In dem erwähnten Vortrag sprach sich der Breslauer Forscher lange nicht mehr so bestimmt wie früher über dieses Fundstück aus; er sagte, nach dem Bericht der »Frankf. Zeit.« vom 7. VIII: »Um über die Stellung, die wir dem Unterkiefer von Mauer (Homo heidelbergensis) im Prozesse der Menschwerdung anzuweisen haben, ins Klare zu kommen, bedarf es noch weiterer eingehender Forschungen.« Die Art der Ablagerung macht eine sichere Bestimmung, mit welchen der in den Schwemmschichten von Mauer vorkommenden diluvialen Tiere der Träger des Kiefers zusammen gelebt hat, unmöglich, und wiederholte Vergleichungen mit den andern Unterkiefern des Homo primigenius, von denen jetzt etwa ein Dutzend bekannt ist, werden bei einigen leicht erklärlichen Abweichungen doch nur die allgemeine Übereinstimmung nachweisen können.

Jahre 1880 der kürzlich verstorbene Zahnarzt Langeloth im Neckarkies bei Mannheim mit einigen Elefantenzähnen auch einen sehr brüchigen, leider nicht erhaltenen Menschenschädel gefunden hat, der nach seiner ausdrücklichen Versicherung genau ebenso beschaffen war wie das Schädeldach von Neandertal. Von Boule statt des zugehörigen, durchaus ähnlichen Unterkiefers an den später zu besprechenden Schädel von La Chapelle angesetzt, verändert, wie man sich an der beigegebenen Abbildung überzeugen kann, der Mauer-Kiefer »den Gesamteindruck des knöchernen Kopfes nur sehr wenig«.

Schlag auf Schlag folgen sich von nun an die Funde, einer wohlerhaltener und vollständiger als der andere, so daß die hartnäckigsten Zweifler verstummt sind und das Knochengerüst des so lange geleugneten Urmenschen fast keine Lücken mehr aufweist. Im März 1908 stieß der Basler Altertumshändler Hauser, der die altberühmten Fundstätten der Dordogne nach Steinwerkzeugen absuchte, in einer Höhle bei der Ortschaft Le Moustier auf menschliche Gebeine, die er vorsichtigerweise, nach amtlicher Feststellung der Fundumstände, in ihrer ursprünglichen Lage beließ, bis ihm im Herbst des gleichen Jahres von der Versammlung in Frankfurt aus einige deutsche Anthropologen zu Hilfe kamen. Die Hebung und Bergung der sehr morschen und zerbrechlichen Knochen, um die sich besonders Klaatsch verdient gemacht hat, gelang schließlich so gut, daß, wenn auch aus zahllosen Bruchstücken, doch fast das ganze Gerippe zusammengesetzt werden konnte. Es hat, wie sich bald herausstellte, einem jungen Menschen von etwa 15 Jahren angehört, bei dem der Zahnwechsel noch nicht ganz beendet war, und die Übereinstimmung mit den früher bekannten Knochenteilen der »Neandertalrasse«, d. h. des Homo primigenius, ist in die Augen springend. Am Schädel sind, wohl nur der Jugend wegen, die Augenwülste nicht so stark ausgebildet wie an den entsprechenden Stücken von Neandertal, Spy und Krapina, dagegen ist die Kieferbildung noch tierähnlicher, schnauzenartiger, als man vorher angenommen hatte. Unterkiefer und Gebiß mit dem fehlenden Kinn und den kräftigen, weite Höhlen für den Zahnkeim enthaltenden Zähnen gleichen vollständig denen von Mauer; nur die etwas ungleich entwickelten aufsteigenden Äste sind, offenbar auch wegen noch nicht vollendeten Wachstums, nicht so breit und stark wie dort.

Die Knochen des Rumpfes und der Gliedmaßen entsprechen mit Berücksichtigung des jugendlichen Alters durchaus denen der anderen, zu derselben Menschenart gehörenden Funde. Hier wie dort sind die Vorderarme und Unterschenkel verhältnismäßig kurz, zeigen die Speichen eine starke, beim jetzt lebenden Menschen nicht mehr, wohl aber bei den Großaffen vorkommende Krümmung. Bei kräftigem Oberarmbein sind die Handknochen verhältnismäßig klein. Die unteren Gliedmaßen lassen auf einen schon ganz aufrechten Gang schließen, zeigen aber an den Gelenkenden einige Eigentümlichkeiten, die an vormenschliche Zustände erinnern und heute nur noch bei den am weitesten in der Entwicklung zurückgebliebenen Wildvölkern beobachtet werden. Die steilen Darmbeinschaufeln passen nur zu einem Becken, das erheblich schmäler war als das der heutigen Europäer, und auch hierin gibt sich wieder eine Beziehung zu den niedersten lebenden Rasssen zu erkennen. Vergleichen wir den ergänzten Schädel von Le Moustier mit dem eines Australiers, so ist die Ähnlichkeit überraschend. Sehr bemerkenswert ist der Umstand, daß hier eine richtige Bestattung vorlag und die mitgegebenen, dem »Acheuléen« der Franzosen angehörenden Steinwerkzeuge über das Zeitalter, erste Hälfte des Paläolithikums, keinen Zweifel zulassen. Das Skelet ist jetzt in seiner ursprünglichen Lagerung im Berliner Museum für Völkerkunde ausgestellt, wo ich es vor kurzem besichtigt habe.

Fast zu gleicher Zeit, im August desselben Jahres, und nur 50 km von Le Moustier, in einer Grotte am Flüßchen Sourdoire, machten drei französische Geistliche eine nicht minder wichtige Entdeckung, deren wissenschaftliche Bearbeitung der schon genannte Pariser Gelehrte Boule übernahm. Auch hier handelte es sich um eine Bestattung, auch hier war folglich das Zeitalter mit vollster Sicherheit zu bestimmen, und zwar als »Moustérien», ein etwas jüngerer Abschnitt der alten Steinzeit (etwa 2- bis 300 000 Jahren von unserer Zeitrechnung). Hatten wir es aber in Le Moustier mit einem unreifen Jüngling, fast Knaben zu tun, so hier in La Chapelle aux Saints, dem neuen Fundort, mit einem vollentwickelten Mann von großer Leibeskraft, aber, wie der auf den Zahnverlust folgende starke Kieferschwund erkennen läßt, im höchsten Greisenalter. Die prachtvolle, naturgetreue Abbildung des Schädels zeigt die bekannten Artmerkmale, mächtige Augen-

wülste, fliehende Stirn, große Augenhöhlen u. a., in schönster Ausbildung. Besonders auffallend ist die von der heutigen abweichende Gestalt des Oberkiefers, dem die Grube über den Eckzähnen (fossa canina) vollständig fehlt und der sich vom unteren Augenrand in gleichmäßig schiefer Ebene bis zu den Zahnhöhlen vorstreckt, so eine richtige, tierähnliche Schnauze bildend. Trotzdem ist der Schädel bei seiner beträchtlichen Länge von 208 und Breite von 156 mm sehr geräumig, angeblich nach einer Ausfüllung mit Hirse ungefähr 1600 ccm enthaltend. Ist diese Messung zuverlässig, so muß die den Durchschnitt der heutigen Kulturvölker übertreffende Zahl auffallen; es ist aber zu bedenken, daß es sich um einen sehr kräftigen Mann handelt, daß auf gleicher Grundfläche, aber mit heutiger Höhe ein Schädel von etwa 1800—1900 ccm sich aufbauen würde, daß endlich die geistigen Fähigkeiten nicht allein von der Masse, sondern vielmehr von der feineren Ausgestaltung des Gehirns[6] abhängen. Sehr bemerkenswert ist auch, da bisher nur zwei Bruchstücke aus Krapina bekannt waren, der zu dem mächtigen Schädel gehörende, vollständig erhaltene oberste Halswirbel, der noch gewisse Anklänge an den von Monte-Hermoso erkennen läßt. Er hat, sagt Boule, »lange und flache Gelenkflächen in Übereinstimmung mit den nur schwach gewölbten Gelenkhöckern des Hinterhaupts,« was selbstverständlich »die Beugungsfähigkeit des Kopfes nicht begünstigte« und wozu auch der »bemerkenswert kurze Hals« stimmt, auf den die übrigen Wirbel schließen lassen. Alle sonstigen bei La Chapelle gefundenen Knochen, 18 Wirbel, ein Teil des Kreuzbeins, 14 Rippen oder Stücke von solchen, linkes Schlüsselbein, beide Oberarmbeine, rechte und linke Speiche und Elle, mehrere Handwurzel-, Mittelhand- und Fingerknochen, unvollständige Darmbeine, rechter Oberschenkel und Teile des linken, beide Kniescheiben, Bruchstücke des rechten und linken Schienbeins, Sprungbein, Fersenbein und einige Stücke von Mittelfußknochen, sprechen für eine kräftig gebaute, aber nur mittelgroße, aufrechtgehende und mit einer geschickten, beweglichen Hand versehene Menschenart. Einige an den Vormenschen und an unsere Seitenverwandten erinnernde Merkmale sind zweifellos vorhanden, im

[6] Neuere Untersuchungen der durch Ausgüsse erhaltenen, noch sehr wenig entwickelten Gehirnwindungen haben nach Boule und Anthony diese Auffassung bestätigt.

ganzen aber überwiegen die ausgesprochen menschlichen. Über die Zugehörigkeit des beschriebenen Fundes zur »Neandertal-Spy-Gruppe« ist der französische Forscher keinen Augenblick im Zweifel, gibt aber dieser immer noch nicht die naturwissenschaftliche Bezeichnung.

Ein drittes fast vollständiges, durchaus unberührtes Gerippe dieser Art hat im September vorigen Jahres ein Lehrer namens Peyrony, ein in der altsteinzeitlichen Forschung bewanderter Mann, bei La Ferrassie in der Dordogne entdeckt. An der Freilegung der Gebeine beteiligten sich die bekannten Forscher Boule, Capitan und Breuil. In der Höhle ließen sich deutlich fünf verschiedene, völlig unversehrte Schichten unterscheiden, 1. Acheuléen, 2. Moustérien, 3. unteres, 4. mittleres und 5. jüngstes Aurignacien nach französicher Ausdrucksweise, und zwischen den beiden untersten lag in ungestörtem Zusammenhang aller Gebeine das menschliche Skelet, und zwar auf dem Rücken, mit eingezogenen Beinen, den linken Arm ausgestreckt, den rechten etwas erhoben und gebeugt, den Kopf nach links gedreht, den Mund weit geöffnet. Ein an Ort und Stelle aufgenommenes Lichtbild ist von der Pariser Wochenschrift »L'Illustration« verbreitet worden, doch läßt es die Schädelgestalt nicht deutlich erkennen. Nach der übereinstimmenden Ansicht der beteiligten Gelehrten steht es aber außer Frage, daß das Alter der Fundschicht mit ihren Tierknochen und Steinwerkzeugen dem von La Chapelle entspricht, daß auch der Träger dieser Gebeine ein richtiger »Neandertaler«, aber irgend ein Zeichen einer absichtlichen Bestattung nicht vorhanden war. Der sorgfältigen wissenschaftlichen Bearbeitung dieses neuesten derartigen, dem Muséum National d'Histoire naturelle überwiesenen Knochenfundes darf man mit Spannung entgegensehen, kann jedoch jetzt schon vorhersagen, daß sie in der Hauptsache nur Bekanntes bestätigen wird; leider ist der Schädel in viele einzelne Stücke zerbrochen. Während der Arbeit erfuhr ich, daß im August 1907 der Berliner Geologe Stoller im Luhetal der Lüneburger Heide die unteren Gliedmaßen eines fossilen Menschen endeckt hat, der nach der Einbettung in ein Kieselgurlager und den mitgefundenen Überbleibseln von Pflanzen und Tieren in der letzten Zwischeneiszeit gelebt haben muß. Die Knochen sind zur genaueren anatomischen Untersuchung, deren Ergebnis mir noch

nicht bekannt, nach Berlin geschickt worden. In einer ähnlichen Kieselgurgrube wurde im gleichen Jahr ein etwa 1 m langes, Spuren menschlicher Bearbeitung zeigendes Holzstück (Kiefernast) gefunden, das, wenn wirklich von ebenso hohem Alter, ein Gegenstück zu dem Holzgerät von Krapina bilden würde.

Da wir vom Knochengerüste des Urmenschen sehr viel mehr als von dem des Vormenschen besitzen und nach den neuesten Funden nur noch einige unwesentliche Kleinigkeiten daran fehlen, läßt sich die Gestalt desselben mit ungleich größerer Sicherheit wiederherstellen; für das Äußere allerdings sind wir auch hier auf Rückschlüsse und Mutmaßungen angewiesen. Demnach war die, soviel wir bis jetzt wissen, älteste Menschenart von mittlerem, gedrungenem Wuchs und kräftigem Körperbau. Auf kurzem Hals und starkem Nacken saß ein mächtiger, länglicher Kopf mit niedriger Stirn und flacher Wölbung. Dem Gesicht gaben die großen, von dicken Stirnwülsten geschützten Augen, die breite, flache Nase, die vorspringenden Kiefer mit schnauzenartiger Mundbildung und fehlendem Kinn einen wilden, fast tierischen Ausdruck; dagegen war das Gebiß dem unseren schon recht ähnlich und entbehrte vor allem der raubtierartig verlängerten Eckzähne, wie sie die Großaffen haben. An den breiten Schultern saßen kräftige, aber verhältnismäßig kurze Arme mit geschickten Händen. Der lange Rumpf mit geräumigem Brustkasten und wohl etwas hängendem Bauch endete in einem schmalen Becken. Auch die Beine waren kurz und kräftig, vielleicht in den Knien noch nicht vollständig gestreckt, die Füße zum Tragen der Leibeslast eingerichtet und darum schon ziemlich menschlich bis auf die vermutlich noch weiter abstehende und leichter bewegliche große Zehe. Gesicht, Handflächen, Fußsohlen und vielleicht schon Brust und Gesäß waren kahl, dagegen die übrigen Körperteile noch ziemlich dicht behaart. Das Auge war jedenfalls dunkel, das Haarkleid von einem mittleren Braun, die Farbe der kahlen Hautstellen wohl etwas heller. Die heute, besonders bei den höher entwickelten Rassen, in Haupthaar und Bartwuchs sich ausprägenden Geschlechtsunterschiede waren ohne Zweifel in jener frühen Zeit noch nicht so stark ausgebildet. Im ganzen zeigt das hier mit wenigen Strichen entworfene »Ahnenbild« freilich allerlei wenig vornehme, von tiefer stehenden, tierähnlichen Verfahren ererbte Züge, ist aber doch, wie sich be-

sonders an den Armen zeigt, gerade von dem unserer nächsten Seitenverwandten, der großen Affen, wesentlich verschieden und in der Hauptsache ausgesprochen menschlich. In meinen Büchern »Menschwerdung« und »Leben und Heimat des Urmenschen« habe ich sämtliche künstlerischen Versuche, unsere ältesten menschlichen Vorfahren malerisch oder bildnerisch zu gestalten, abgebildet und beurteilt. Darauf verweisend, möchte ich hier nur die noch nicht veröffentlichte Zeichnung des Oberstabsarztes von Hase nachtragen, die mir Schädelgestalt und Gesichtsausdruck recht gut wiederzugeben scheint und in der Nasenbildung entschieden glücklicher ist als der ähnliche Kopf von Forrer.

Nach der Verteilung der Fundstätten hat der Urmensch in der Nordhälfte unseres Weltteils, in Frankreich, Belgien, den Rheinlanden, Mähren und Kroatien gelebt. Daß aber hier nicht seine Urheimat zu suchen ist, wird allgemein angenommen, und es fragt sich nur: wo sonst? Die ältere Anschauung, die auch heute noch manche Anhänger hat, wies ohne weitere Überlegung nach dem Süden, steht aber im Widerspruch mit dem erwähnten »Verbreitungsgesetz«. Je mehr sich unsere allgemein entwicklungsgeschichtlichen Kenntnisse erweitern und vertiefen, desto deutlicher tritt es zutage, daß der Mensch, auch rein örtlich genommen, keinen anderen Ursprung haben kann als die Säugetiere, zu denen er seiner ganzen Einrichtung und Lebensweise nach gehört, daß auf den verschiedenen Entwicklungsstufen sich mit diesen zusammen auch die vormenschlichen und urmenschlichen Verbreitungswellen über die zugänglichen Länder ergossen haben, und zwar in nordsüdlicher Richtung und in der Weise, daß jede neue, nachflutende Welle höherentwickelte Geschöpfe mit sich brachte. Auf diese Art gelangen wir zu einer durchaus einheitlichen, keiner bekannten Tatsache widerstreitenden Auffassung von der Ausbreitung des Lebens[7] über den Erdball.

---

[7] Es ist eine noch weit verbreitete, m. E. aber irrige Ansicht, daß es vor der Eiszeit auf der ganzen Erdoberfäche gleich warm gewesen sei, daß, wie z. B. Walther in der Abhandlung über »Die Vorzeit der Erde« (Ullsteins Weltgeschichte I) schreibt, ein gleichmäßiges Klima »auf der ganzen Erde herrschte und allen beweglichen Tieren und Pflanzen gestattete, ihre Verbreitungsgebiete weit anszudehnen«. Aus den Versteinerungen von Grönland, Spitzbergen u. a. läßt sich nur der Schluß ziehen, daß es einstmals dort so warm war wie jetzt zwischen den Wendekreisen, nicht aber, daß es damals noch heißere Gebiete nicht gegeben habe. Die Ausbrei-

Erdgeschichtlich nicht viel jünger, entwicklungsgeschichtlich aber auf einer etwas höheren Stufe stehend ist eine fossile Menschenart, die man 1902 in einer Doppelbestattung der »Kinderhöhle« bei Mentone angetroffen hat. Die beiden Gerippe, von einem älteren weiblichen und einem jugendlichen männlichen Wesen, anscheinend Mutter und Sohn, herrührend, gehören nach Boule »einem sehr weit zurückliegenden Abschnitt der Quartärzeit« an. Die Schicht, aus der sie stammen, kann zeitlich kaum erheblich entfernt sein von derjenigen in der benachbarten Fürstenhöhle, die nicht nur Rhinoceros Merckii, sondern auch Elephas antiquus und Hippopotamus, d. h. eine wärmeliebende Tierwelt, die älteste des Quartärs, enthält. Da der von den Franzosen aus Höflichkeit gegen den Fürsten von Monaco gewählte Name »race de Grimaldi« selbstverständlich nicht den Anspruch auf eine naturwissenschaftliche Bezeichnung erheben kann und die Skelette an Haupt, Rumpf und Gliedmaßen ausgesprochen negerartige Merkmale — der Pariser Anthropologe Verneau zählt nicht weniger als neunzehn auf — erkennen lassen, habe ich vorgeschlagen, diese als Stammrasse des heutigen Negers (Homo niger) zu betrachtende altquartäre Art Homo niger var. fossilis zu nennen. Angesichts der Tatsache, daß auch die meisten der im schwarzen Erdteil lebenden Tiere, einschließlich der dem Menschen nächstverwandten großen Affen, fossil bei uns nachgewiesen sind, hat der europäische Fundort durchaus nichts Auffallendes. Wenn man, wie ich es tue, den Artbegriff Homo niger nicht auf die eigentlichen Neger beschränkt, sondern auf die negerähnlichen Bewohner Südafrikas, Südasiens, Ostindiens und Australiens ausdehnt, gibt man ihm allerdings eine beträchtliche Weite. Es kommt aber bei der naturwissenschaftlichen Einteilung hauptsächlich darauf an, das Gemeinsame und Verbindende hervorzuheben, geringfügige Unterschiede dagegen zurücktreten zu lassen; will man allzu genau und peinlich sein, so lösen sich die Arten in Unterarten, diese wieder in Spielarten und auch letztere schließlich in kleine Gruppen von Einzelwesen auf. Ein hochgewachsener Kaffer ist von einem verkümmerten Hottentotten, ein Zwergneger von einem schlanken Australier, von den dunk-

tung der Pflanzen und Tiere hielt Schritt mit der allmählichen Abkühlung der Erdrinde: zu kalt gewordene Gegenden wurden verlassen, nicht mehr zu heiße dagegen erobert.

leren oder helleren Farbentönen ganz abgesehen, ja recht verschieden, doch bleibt des Übereinstimmenden noch genug, und bei fast allen finden wir das kennzeichnende Negergesicht mit der breiten, flachrückigen Nase und den wulstigen Lippen, den länglichen, wenig geräumigen Schädel, das kurze, krause Wollhaar, den schwachen Bartwuchs u. a. Wir wissen freilich, wie von Luschan mit Recht hervorhebt, »daß gerade auf afrikanischem Gebiete Menschenrassen nebeneinander vorkommen, die so weit voneinander verschieden sind wie nur irgendwelche Rassen im ganzen Bereiche der Menschheit«, aber erstens ist »Afrikaner« und »Neger« nicht gleichbedeutend und zweitens gibt es in der ganzen belebten Natur keine durchaus einheitliche Art oder Rasse. Die bedeutenden Farbunterschiede vom tiefen Schwarz mancher mittelafrikanischer Stämme bis zum Ledergelb des Buschmanns finden nach meiner Auffassung ihre einfache Erklärung in der unterschiedlichen Länge der Zeiträume, während welcher die betreffenden Völker der Hitze und den senkrechten Sonnenstrahlen ausgesetzt waren. Die Buschmänner z. B., in denen sich eine der ältesten, auf tiefster Entwicklungsstufe stehenden Verbreitungswellen des Negerstammes erhalten hat, haben entweder den heißesten Ländergürtel zwischen den Wendekreisen verhältnismäßig rasch durchwandert oder sind durch einen sehr langen Aufenthalt in der südlichen gemäßigten Zone nach und nach wieder gebleicht worden. Riesenwuchs und Zwerghaftigkeit wird auch innerhalb anderer Arten, tierischer wie menschlicher, beobachtet, und den umgestaltenden Wirkungen der Blutmischung waren selbstverständlich die dunkelhäutigen ebenso unterworfen wie alle übrigen Glieder des Menschengeschlechts. So viel ist sicher, daß gerade unter den ersten und darum am weitesten nach Süden vorgedrungenen Vorläufern des Homo niger sich bis auf den heutigen Tag Erscheinungen erhalten haben, die im Knochenbau und Aussehen der altdiluvialen Menschenart Homo primigenius noch recht nahestehen. Die verbindende Brücke zwischen Urzeit und Neuzeit, zwischen fossiler und lebender Menschheit wird durch die Gerippe der Doppelbestattung, durch den paläontologisch belegten Homo niger var. fossilis hergestellt.

In bezug auf die Zukunft der Negervölker kann ich vom streng wissenschaftlichen Standpunkt aus die hoffnungsvolle Auf-

fassung mancher Völkerkundigen, besonders aber der geistlichen Sendboten nicht teilen. Die am tiefsten stehenden Zweige des Stammes scheinen einer höheren geistigen Entwicklung überhaupt nicht fähig und werden infolge der Berührung mit europäischer Gesittung hinschwinden, wie die Tasmanier bereits ausgestorben und andere verwandte Völkchen dem Aussterben nahe sind; die bestentwickelten Neger — von den nordafrikanischen Mischvölkern der »Hamiten« rede ich hier nicht — vom Bantustamme dagegen werden zwar die Weißen niemals erreichen, vielleicht aber durch zweckmäßige Erziehung soweit gehoben werden, daß sie unter europäischer Leitung als brauchbare Diener und Handarbeiter Verwendung finden[8] können. Jedes nordeuropäische Volk, das in seinen überseeischen Besitzungen nicht streng die von der Natur selbst gezogenen Schranken des Blutes aufrecht erhält, ist dort dem Untergang geweiht und sicherlich auf die Dauer nicht imstande, seine Herrenstellung zu behaupten.

Die ungeheuren, von den langsam abschmelzenden Eiszeitgletschern gespeisten Wasserfluten haben in unseren Flußtälern große Mengen von Schlamm abgesetzt, der ziemlich hoch an den Berglehnen emporsteigt und, teilweise in ausgetrocknetem, staubartigem Zustande durch den Wind verweht und verlagert, in der Erdkunde als »Löß« — eigentlich besser »Lös«, da das rheinische Wort sicher mit »lösen« zusammenhängt — bezeichnet wird. Ihrer Entstehung gemäß gehören diese Ablagerungen dem Ende der Eiszeit, teilweise sogar dem nacheiszeitlichen Erdalter an, enthalten aber als fossile Einschlüsse zahlreiche, manchmal offenbar durch das fließende Wasser aus ihrer ursprünglichen Lagerung verschleppte Gebeine einer noch älteren, während des Übergangs vom Tertiär zum Quartär bei uns heimischen Tierwelt. Auch menschliche Überbleibsel finden sich nicht selten im Löß eingebettet und können, da sie im allgemeinen eine übereinstimmende Bildung zeigen, einer urgeschichtlichen Art oder Rasse zugeteilt werden, die man nicht unpassend »Lößmensch« genannt hat. Eine

[8] Was aus den Nachkommen der befreiten Negersklaven in Amerika werden soll, ist eine schwer zu beantwortende, für die Zukunft der Vereinigten Staaten bedeutungsvolle Frage. Unter der Führung begabter Mischlinge kann es vielleicht einem Teil von ihnen gelingen, eine höhere Gesittungsstufe zu ersteigen, doch wird der Vorsprung der Weißen kaum einzuholen sein.

naturwissenschaftliche Bezeichnung ist dies freilich nicht, und ich habe darum in der Bestrebung, die für die übrige belebte Natur geltenden Grundsätze der Namengebung auch auf das Menschengeschlecht anzuwenden, eine solche zu finden gesucht. Die fragliche Menschenart, an Haupt und Gliedern eine bedeutend höhere Entwicklungsstufe als die beiden vorher besprochenen verratend, ähnelt in Knochenbau und Schädelgestalt — von ihrem Äußeren können wir ja nichts wissen — am meisten den heute die Küsten des Mittelmeers bewohnenden Völkern, die bei ziemlich heller Haut, aber schwarzen Haaren und dunklen Augen gleichfalls langköpfig, schlank und mittelgroß sind und wegen ihres Wohngebietes naturwissenschaftlich unter dem Doppelnamen Homo mediterraneus zusammengefaßt werden. Obwohl oder vielmehr gerade weil der Fundbereich der fossilen Art sich viel weiter nach Norden erstreckt, dürfen wir sie als Stammform der lebenden betrachten, der sie sich nach meinem Vorschlag durch den Zusatz varietas fossilis angliedern läßt. In ihren ältesten Vertretern ist diese Menschenart erdgeschichtlich kaum viel jünger als der entwicklungsgeschichtlich so viel tiefer stehende Homo primigenius, und eben darum ist eine unmittelbare Abstammung von diesem ausgeschlossen. Zu einer so bedeutenden Fortentwicklung des Schädels und damit auch des Gehirns, wie sie der Lößmensch zu erkennen gibt, waren sehr große Zeiträume erforderlich, die sich aus der Altersvergleichung der Fundschichten nicht herausrechnen lassen. Es bleibt daher nur die Annahme übrig, daß sich in höheren Breiten und heute der Forschung nicht mehr zugänglichen Gebieten die aufsteigende Entwicklung des Menschengeschlechts von der Primigeniusstufe zu der des H. mediterraneus var. fossilis vollzogen hat.

Soviel wir wissen, ist der erste erhaltene Fund von Gebeinen dieser Art schon vor zwei Jahrhunderten gemacht worden, und zwar in unserer Nachbarschaft, in den Lößhügeln von Cannstatt, zusammen mit zahlreichen Mammutzähnen und anderen Knochen ausgestorbener Tiere. Das jetzt in Stuttgart aufbewahrte Schädelstück, das die Belagerung von Paris mitgemacht hat, zeigt deutlich, wenn auch das Längenbreitenverhältnis nicht mehr zu ermitteln ist, die kennzeichnenden Artmerkmale des Lößmenschen, und wenn man die Bezeichnung »race de Canstadt« noch heute gelten lassen wollte, könnte sie nur auf diesen Anwendung finden.

Die Richtung der Verbreitungswellen dieser ohne Frage fossilen, aber schon ziemlich hochstehenden Menschenart lassen die in England gemachten, erdgeschichtlich ältesten Funde von Galley-Hill und Tilbury erraten. Im übrigen ist sie durch die bei Engis, Clichy, Grenelle, Denise, Sordes, Chamblandes, Mentone, Olmo, Egisheim, Steeden, Höchst, Brüx, Brünn, Woisek, Gadomka und anderwärts ausgegrabenen Schädel und Gebeine bekannt und belegt. Neuerdings hat man verschiedene Schädel dieser Art in der Ofnethöhle und ein ganzes, ziemlich wohlerhaltenes Skelet, das erfreulicherweise für das Berliner Museum für Völkerkunde erworben werden konnte, bei Montferrand in Frankreich gefunden. Ein seit mehr als einem halben Jahrhundert bekannter, zu den Sammlungen der Londoner Gesellschaft der Ärzte gehörender Schädel hat in letzter Zeit viel von sich reden gemacht, da die von Keith ohne jede geologische und paläontologische Begründung aufgestellte Behauptung, er sei das auf 600000 Jahre zu schätzende alleräIteste Überbleibsel des Menschen, fast durch alle Blätter gegangen ist. Die hier mitgeteilte naturgetreue Abbildung zeigt aber deutlich, daß sein Träger oder seine Trägerin — denn er ist vielleicht weiblich — die Entwicklungsstufe des Homo primigenius überschritten hatte. Die Höhenwölbung ist beträchtlicher, die Ausbildung der Stirnwülste dagegen geringer. Allenfalls könnte man eine Kreuzung des Urmenschen mit den ersten Vorläufern der fossilen Mittelmeerrasse zugeben.

In der Neuen Welt entspricht der europäischen Lößbildung die südamerikanische »Pampasformation«, aus der merkwürdigerweise auch einige Knochenfunde vorliegen, die sich mit den altweltlichen vergleichen lassen. Schon seit 1843 ist die von dem Schweden Lund in einer ostbrasilianischen Höhle entdeckte dolichokephale »Lagoa-Santa-Rasse« bekannt, der sich auch einige spätere Funde, wie die von Fontezuelas, La Tigra u. a., anschließen, und erst im vorigen Jahre hat Ameghino bei der Ortschaft Necochea einige Schädel ausgegraben, von denen der besterhaltene, hier abgebildete durch seine Ähnlichkeit mit unserem Lößmenschen auffällt. Ohne im übrigen, wie schon erwähnt, dieses Forschers Ansichten über den südamerikanischen Ursprung des Menschengeschlechts und das tertiäre Alter der fraglichen Gebeine zu teilen, muß ich doch die von ihm vorge-

schlagene naturwissenschaftliche Bezeichnung Homo pampaeus für die von anderen Gelehrten »paläamerikanische Rasse« genannte Menschenart als passend und zweckmäßig anerkennen. Nachkommen dieser langköpfigen Uramerikaner leben neben rundköpfigen Einwanderern aus Asien im Norden und Süden des Weltteils noch heute fort. Schon der Umstand, daß die fossile Art des europäischen Lößmenschen (H. mediterraneus var. fossilis) auch westlich vom Atlantischen Weltmeer durch den amerikanischen Zweig des Pampasmenschen (Homo pampaeus) vertreten ist, spricht gegen die erst kürzlich wieder behauptete östliche Herkunft derselben. Eine überraschende, vor kurzem aus Ostasien berichtete Fntdeckung einiger ganz ähnlich gestalteter Schädel in einer tonkinesischen Höhle würde nur dann eine ostwestliche Ausbreitungsrichtung anzeigen, wenn sich ein höheres Alter nachweisen ließe; die mitgefundenen Steinwerkzeuge sind aber zum Teil geschliffen, gehören also einem viel jüngeren, dem neolithischen Zeitalter an. Wir machen uns offenbar von der Bedeutung und Ausdehnung vorgeschichtlicher Wanderungen noch immer keine zutreffende Vorstellung. Die drei großen südeuropäischen Halbinseln werden fast durchweg von ziemlich reinblütigen Vertretern der Mittelmeerrasse bewohnt. Daraus aber schließen zu wollen, auch die führenden Kulturvölker des Altertums, in erster Reihe Römer und Griechen, hätten ihr angehört, wäre verkehrt. Aus Grabfunden, Schilderungen von Zeitgenossen und farbigen Bildwerken geht mit Sicherheit hervor, daß diese aus einer anderen, nämlich der später zu besprechenden hellfarbigen Nordlandsrasse hervorgegangen waren, und nicht mit Unrecht wird der Niedergang Griechenlands und der Sturz des römischen Weltreichs von neueren Forschern auf das Aussterben der nordischen, staatengründenden und gesittungverbreitenden Eroberer zurückgeführt. Auch spätere Einwanderer aus dem Norden, wie Kelten und Germanen, sind in Südeuropa entweder ausgestorben oder doch von der Überzahl der Urbewohner aufgesaugt worden. Als Völker der reinen Mittelmeerrasse sind im Westen die Iberer mit ihren baskischen Nachkommen, im Osten die Semiten zu nennen. Zu letzteren gehören bekanntlich die in alle Welt zerstreuten Juden, die trotz ihrer Abschließung ihr Blut nicht rein bewahren konnten, sondern im Lauf der Jahrhunderte allerlei fremde Bestandteile, besonders rundköpfigen, aber auch nordischen Stammes,

aufgenommen haben. An sich nicht schlecht begabt, sind dadurch manche jüdische Abkömmlinge der Mittelmeerrasse den nordeuropäischen Kulturvölkern der Neuzeit ziemlich nahe gekommen, haben sie sogar auf einzelnen Gebieten, besonders im Handel und Geldwesen, überflügelt, ohne jedoch in Kunst und Wissenschaft deren Schöpferkraft zu erreichen. Auf dem Südufer des Mittelmeers und in Westasien waren die seit alter Zeit dort sich ausbreitenden Wellen dieser Menschenart den mannigfaltigsten Kreuzungen mit den dunklen Einwohnern ausgesetzt, so daß Mischvölker aller möglichen Schattierungen entstanden sind und man, den Nil hinauffahrend, nach den Worten eines Reisenden eigentlich nie weiß, »wo der helle Ägypter aufhört und der dunkle Afrikaner anfängt«. Zu den südlichsten Vorposten solcher bis ins Herz des schwarzen Weltteils vorgedrungener Völker gehören die kräftigen, hochgewachsenen Watussi, die Beherrscher des einen Teil von Deutsch-Ostafrika bildenden Landes Ruanda.

Schon gegen Ende der alten, mindestens zwanzig Jahrtausende hinter uns liegenden Steinzeit hatte die von den Franzosen als »race de Cro-Magnon« bezeichnete, seit 1868 durch einen Höhlenfund am Flüßchen Vezère bekannte Menschenart leiblich und geistig eine Entwicklungshöhe erreicht, über die wir staunen müssen. Die gewaltigen Gerippe dieser Art bekunden bei 180—200 cm Länge einen stattlichen, ebenmäßigen Wuchs und große Leibeskraft; dazu paßt ein schön gewölbter, sehr geräumiger (nahezu 1600 ccm), aber im Verhältnis zu der beträchtlichen Länge schmaler Schädel. Außer der namengebenden seien noch folgende Fundstätten angeführt: La Madeleine, Bruniquel, Solutré, Laugerie-Basse, Sargel, Duruthy, Mentone, Lautsch, Stångenaes, Viste. Die französischen Anthropologen können nicht Worte genug finden, um ihrer Bewunderung für diese uralte und doch schon so weit vorgeschrittene Rasse Ausdruck zu geben. Ihre Angehörigen, schreibt de Quatrefages, hatten »in den Gesichtszügen nichts Unangenehmes, verraten vielmehr eine wirkliche Schönheit. Diese herrliche Menschenart vereinigt hohen Wuchs mit kräftigen Muskeln und einen athletischen Bau. Sie scheint in jeder Hinsicht geschaffen, gegen alle Gefahren und Schwierigkeiten eines wilden Lebens anzukämpfen.« Broca war der Ansicht, daß »sie durch einige Züge die höchsten und edelsten Stufen menschlicher Bildung erstiegen hatte und notwendiger-

weise mit erfinderischem und vorwärts strebendem Verstand die Leibeskraft und die Gewohnheiten des Kriegers und Jägers verbinden mußte«, und Topinard nennt sie »gesittet, hochgewachsen, vielleicht blond«. Auch ich habe es stets für wahrscheinlich gehalten, daß bei dieser der züchtenden, alle leiblichen und geistigen Kräfte anspannenden Wirkung der Eiszeit am längsten unterworfenen Menschenart jene Farbenbleichung sich vorbereitet hat, die zu den jüngsten Errungenschaften unseres Geschlechts gehört und jetzt das kennzeichnende Merkmal der seit Linné den naturgeschichtlichen Namen Homo europaeus tragenden, von mir wegen ihrer ebenmäßigen Gestalt und edlen Gesichtsbildung wie wegen ihrer hervorragenden geistigen Fähigkeiten und sittlichen Tugenden als »schönste Blüte und reifste Frucht am Stamme der Menschheit« bezeichneten Nordlandsrasse bildet. Unter allen fossilen Menschen haben keine ein so wohlbegründetes Anrecht darauf, als deren Stammväter zu gelten, wie die Rentierjäger von Cro-Magnon und ihre Verwandten, die in den von ihnen bewohnten Höhlen außer ihren wohlgestalteten Gebeinen auch die mannigfaltigsten, von großer Geschicklichkeit und Erfindungskraft zeugenden Waffen und Werkzeuge aus Stein, Bein und Horn und Proben einer staunenswerten künstlerischen Begabung in Gestalt lebenswahrer Darstellungen gleichzeitiger Tiere, wie Mammut, Rentier, Wildpferd, Wisent, Höhlenbär u. a., zurückgelassen haben. Altertumsforschung und Schädelvergleichung vermögen diesen Zusammenhang mit aller Deutlichkeit nachzuweisen. Dem vor der zunehmenden Wärme nach Norden zurückweichenden Rentier, dessen ungeheure, zum Teil vielleicht halbzahme Herden seine Hauptnahrungsquelle gewesen waren, folgte der Mensch, wie sich an einzelnen Fundstätten der Rentierzeit genau feststellen läßt, aus Frankreich über die Niederlande, Norddeutschland und das heutige Dänemark bis auf die skandinavische Halbinsel, wo unter völlig veränderten äußeren Verhältnissen Gesittung und Kunstfertigkeit gewaltige Fortschritte machten und der Übergang von der alten zur neuen Steinzeit, vom paläolithischen zum neolithischen Zeitalter der Altertumsforscher, sich vollzog. Die ältesten an der schwedisch-norwegischen Küste gefundenen Schädel der Übergangszeit oder des »Mesolithikums«, wie die von Stångenaes und der leider krankhaft entstellte von Viste, zeigen so große Ähnlichkeit mit solchen der Rasse von Cro-

Magnon, daß ich für diese ursprünglich von mir als Homo priscus unserem Stammbaum eingereihte Menschenart jetzt dem bezeichnenderen, mit denen der übrigen Fossilrassen besser übereinstimmenden Namen Homo europaeus var. fossilis den Vorzug gebe. Auch einige jüngere schwedische Schädel, so der von Synnerål, haben nicht nur ein ähnliches Aussehen, sondern genau die gleichen Maße und Verhältnisse wie ihre Gegenstücke aus dem französischen Paläolithikum. z. B. der von Sargel. Mit den schwedischen Steinzeitschädeln stimmen aber die des keltischen Eisenalters und der germanischen Völkerwanderungszeit meist so vollkommen überein, daß hiermit durch die vergleichend-anatomische Forschung die Einheit des Stammes von der Rentierzeit bis zu den Anfängen der deutschen Geschichte in durchaus einwandfreier Weise[9] festgestellt ist.

Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den fossilen Stammrassen des Homo europaeus und des Homo mediterraneus läßt sich dagegen, obwohl beide sicher nahverwandt und vielfach gekreuzt sind, nicht auffinden; auch hier fehlt es an der zur Fortbildung nötigen Zeit. Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse erscheint es als das Wahrscheinlichste, daß Homo europaeus fossilis in höheren Breiten und einem etwas weiter zurückliegenden Erdalter aus tieferstehenden, den Lößmenschen sehr ähnlichen Vorfahren sich entwickelt hat. Gegen das Ende der Eiszeit, anscheinend durch die dauernde Vergletscherung ihrer Urheimat vertrieben, drangen dann wandernde Horden dieser kraftvollen, widerstandsfähigen Menschenart nach Süden vor und trieben die früheren, ihnen in keiner Hinsicht gewachsenen Bewohner vor sich her, nicht ohne in manchen Gegenden und unter gewissen Umständen durch Blutmischung mit ihnen zu verschmelzen. Die rein erhaltenen Teile des Stammes blieben aber stets den Mischlingen überlegen, und gerade aus ihnen ist nach dem Rückzug in die wieder eisfrei gewordenen Gebiete Nordeuropas das hochbegabte, langköpfige,

---

9 Neuerdings versucht Klaatsch, die Germanen von seiner »Aurignac-Rasse«, die nach meiner Meinung zu Homo mediterraneus v. fossilis gehört, abzuleiten. Deren Knochenbau stimmt aber viel mehr mit dem der Südeuropäer als mit dem der Nordländer überein. Das breite Gesicht der Menschen von Cro-Magnon darf wohl als eine etwas rohere Vorstufe aufgefaßt werden; eine Kreuzung derselben mit Homo primigenius ist schon durch ihren hohen Wuchs ausgeschlossen.

blauäugige und lichthaarige Herrenvolk — hier decken sich die Begriffe »Rasse« und »Volk« noch vollständig — erwachsen, das bei seiner starken Vermehrung und verhältnismäßig engen Heimat von Zeit zu Zeit den Überschuß der Bevölkerung auf die Wanderschaft schicken mußte, so schon lange vor der beglaubigten Geschichte seine Stammesart über weite Strecken des eigenen Weltteils und der Nachbarländer verbreitend.

Schon vor einem Menschenalter, und zwar durch einen 1881 im Karlsruher Altertumsvererein, der damals noch »Anthropologischer und Altertumsverein« hieß, gehaltenen Vortrag über die Keltenfrage, bin ich mit der Lehre vor die Öffentlichkeit getreten, daß in Südschweden die Wurzel des indogermanischen Sprachstamms zusammenfällt mit dem Ausstrahlungsgebiet des Homo europaeus, daß also nur dort die langgesuchte Urheimat der Indogermanen, Indoeuropäer, Teutarier oder Arier im weiteren Sinne zu finden ist. Da die damals alleinherrschende Ansicht die asiatische Herkunft der genannten Völker für eine »unumstößliche Wahrheit« erklärte, kann man sich denken, daß derartige Ketzereien, wenn überhaupt beachtet, mit Spott und Hohn überschüttet wurden. Sachliche, der Naturwissenschaft oder Altertumskunde, der Sprachforschung oder Geschichte entnommene Gegengründe vermochte aber niemand vorzubringen, und ich habe die Genugtuung erlebt, daß meine mit unerschütterlicher Ausdauer behauptete Anschauung den Sieg über alle Zunftgelehrsamkeit davontrug. Notgedrungen mußten mir meine heftigsten Gegner näher und näher kommen, von Asien ist nicht mehr die Rede, und der Streit dreht sich eigentlich nur noch darum, ob auch die Südküste der Ostsee mit zur Urheimat gerechnet werden soll oder nicht. Es ist dies jedoch eine Verwechselung der Begriffe »Ausstrahlungsmittelpunkt« und »Verbreitungsgebiet«, und nach naturwissenschaftlichen Grundsätzen kann ersterer nur da gesucht werden, wo sich, am besten gegen das Eindringen fremden Blutes geschützt und unter gleichbleibenden Lebensbedingungen, die kennzeichnenden Merkmale der Art am häufigsten vereinigt zeigen, am reinsten bewahrt haben. Das ist aber nach den einwandfreien Untersuchungen über Schwedens Urbewohner und lebende Bevölkerung, um die sich von allen seinen Landsleuten und Fachgenossen Gustaf Retzius die größten Verdienste erworben hat, nur im südlichen und mittleren Schweden der Fall. Von dort

sind, wie übereinstimmend die geschichtlichen Überlieferungen berichten, alle jene germanischen Wandervölker ausgezogen, die als letzte Verbreitungswelle der Nordlandsrasse das gealterte Europa verjüngt haben, und auch die vergleichende Sprachforschung lehrt, wenn ohne Voreingenommenheit betrieben, nichts anderes. Niemand war imstande, auf anderer Grundlage einen allen bekannten Tatsachen so gut wie der meine entsprechenden Stammbaum der indogermanischen Völker und Sprachen aufzustellen. Wenn in einem kürzlich erschienenen Aufsatz von Hauser, einem Schriftsteller, der sich um die germanische Rassenforschung unbestreitbare Verdienste erworben hat, zu lesen ist: »Der Hauptsitz der nordischen Rasse ist gegenwärtig immer noch Deutschland«, so ist dies ja der Zahl nach richtig, aber in bezug auf Reinblütigkeit kann sich die Bevölkerung unseres Vaterlandes, besonders in dessen südlichen Teilen, mit der schwedischen und norwegischen nicht messen. Hauptsächlich durch die unermüdliche Arbeit meines alten Freundes Schemann sind die Rassentheorien des fast vergessen gewesenen Gobineau bei uns wieder zu hohem Ansehen gelangt, und man kann sich, da der französische Graf und Diplomat mit ebensoviel Begeisterung wie Beredsamkeit die weltgeschichtliche Bedeutung der nordischen Rasse und der aus ihr hervorgegangenen germanischen Völker preist, gewiß darüber nur freuen. Wir dürfen dabei aber doch nicht außer acht lassen, daß diese Theorien jeder naturwissenschaftlichen Begründung entbehrten und mit vielen schweren Irrtümern verquickt waren. Die schwarzseherischen Anschauungen mancher eine »Arierdämmerung« und das völlige Aussterben der edelsten Menschenart vorhersagender Volksforscher kann ich nicht teilen; ich glaube und hoffe vielmehr, daß diese, obwohl sie heute nicht mehr bloß den eigenen Weltteil, sondern das ganze Erdenrund zu beherrschen hat, noch Lebenskraft und Ausdehnungsfähigkeit genug besitzt, um auch in der Zukunft auszudauern und ihre hohe geschichtliche Aufgabe zu erfüllen. Selbst Retzius scheint auf ihre Unverwüstlichkeit nicht unbedingt zu vertrauen, wenn er schreibt: »Gesetzt, dies wäre wahr (nämlich die Ausnahmestellung der nordischen Rasse), was würde dann in der Znkunft aus dem Fortschritt in höherer Gesittung, in Kunst und Wissenschaft werden?« Daß gerade in seiner Heimat die echt germanische Volksart noch lange nicht ausgestorben ist, dafür möchte ich als schlagendes Beispiel Mat-

thiesens vielbewundertes Gemälde »Die Meeresreiter« anführen. Die hier dargestellten jungen Männer sind nicht etwa Gestalten der Einbildungskraft, sondern Menschen mit Fleisch und Blut, nicht besonders ausgesuchte Vertreter des ganzen Volkes, sondern Offiziere eines einzigen schwedischen Reiterregiments.[10] »Denken wir uns«, habe ich seinerzeit darüber geurteilt, »statt der militärisch kurz geschnittenen Haare im Seewind flatternde Locken, so könnten die sattellosen Reiter ebensogut germanische Krieger aus den Zeiten von Cäsar und Tacitus vorstellen. Die kennzeichnende Form des germanischen Rasseschädels ist besonders gut an dem schmalen und vorspringenden Hinterhaupt des vordersten Reiters zu erkennen.« Da diese nicht weniger mit geistigen als mit leiblichen Vorzügen ausgestattete Menschenart den obersten Gipfel aller Lebensentwicklung bildet, da aus ihr die weltbeherrschenden Kulturvölker hervorgegangen und neben ihr ebenbürtige Mitbewerber nicht vorhanden sind, verdient sie in gleichem Maße die Beachtung des Naturkundigen wie des Geschichtsforschers; in den meisten Werken über Völkerkunde tritt sie jedoch als etwas Längstbekanntes und Alltägliches gegen die überseeischen »Naturvölker« zurück.

Während wir es bisher nur mit langköpfigen Menschen zu tun hatten, begegnen uns gegen Ende der alten Steinzeit zuerst vereinzelt, dann immer häufiger auch solche mit einem grundverschiedenen, rundlichen Schädelbau. Die zerstreuten vorläufigen Horden dieser Art scheinen überall der Kreuzung mit Langköpfen ausgesetzt gewesen zu sein und zeigen darum das kennzeichnende Merkmal mehr oder weniger abgeschwächt, wie bei dem Fund von Furfooz. Vollkommen rein tritt uns dagegen diese neue Rasse in dem 1868 an der Seille, einem Nebenflüßchen der Saône, ausgegrabenen Schädel von La Truchère vor Augen; er zeigt noch allerlei altertümliche Merkmale, so stark entwickelte

[10] Während meiner letzten Nordlandsreise in diesem Sommer hatte ich das Glück, ein ganz ähnliches Bild zu beobachten. Als wir mit einem kleinen Dampfer von Upsala nach dem schätzereichen Skokloster fuhren, sahen wir am Ufer des in den Mälar sich ergießenden Flusses eine zum Baden ausgerückte Abteilung des dortigen Husarenregiments. Die meisten der Reiter waren schon ausgekleidet und sprengten im vollen Lauf über die Wiesen in das hoch aufspritzende Wasser hinein. Ein herrlicher Anblick diese jugendlich schlanken, in der Morgensonne leuchtenden Gestalten auf ihren schnaubenden Rossen.

Augenwülste und vorspringende Kiefer, dabei aber eine breite, fast senkrechte Stirn und eine nahezu kugelige Gestalt, da die Länge nur um ungefähr ein Siebentel (Index 84,3) die Breite übertrifft. Welche natürlichen Ursachen diese zwiespältige Ausgestaltung des menschlichen Schädels veranlaßt haben, ist eine alte, anscheinend nicht mehr lösbare Streitfrage, und ich möchte darum den Leser mit den verschiedenen darüber geäußerten Vermutungen nicht aufhalten. Nur so viel scheint festzustehen, daß von der länglichen Grundform, wie sie sowohl dem Vormenschen als auch dem Urmenschen eigen ist, nach beiden Richtungen hin, bis zu dem Kahnkopf einerseits und dem Kugelkopf anderseits, Abweichungen stattgefunden und sich im Laufe der Zeit durch räumliche Sonderung und Inzucht erblich befestigt haben. Da der heutige Verbreitungsmittelpunkt der Rundköpfe im Herzen von Asien, mitten unter mongolischen Völkerschaften liegt, ist anzunehmen, daß auch in diesem Weltteil aus einer ostwärts verschlagenen, zufällig zur Rundung des Schädels neigenden Spielart des Urmenschen der rundköpfige Zweig des Menschengeschlechts (Homo brachycephalus) sich entwickelt hat. Von dort müssen schon während, noch mehr aber nach der Eiszeit Ausstrahlungen nach allen möglichen Himmelsrichtungen erfolgt sein, westwärts nach Europa, ostwärts nach Amerika und südwärts nach Hinterindien und darüber hinaus über die Inseln des Stillen Weltmeeres. In unserem eigenen Weltteil sehen wir zwischen die langköpfige, im Norden vorwiegend aus Homo europaeus, im Süden aus Homo mediterraneus bestehende Urbevölkerung einen nach Osten zu immer breiter werdenden Keil von Rundköpfen sich einschieben, die übrigens durch langdauernde, äußerst verwickelte Kreuzungen sehr viel von ihrer Eigenart verloren haben und, von der Schädelgestalt abgesehen, den Europäern äußerlich und innerlich immer ähnlicher geworden sind. Eine so scharfe Scheidung von Lang- und Rundköpfen mit völlig verschiedenartigen Anlagen und Trieben, wie sie von manchen Rassentheoretikern gelehrt wird, kann darum der vorsichtig und ohne Voreingenommenheit urteilende Forscher, wenigstens für die heutigen, fast nirgends mehr reinrassigen Kulturvölker, nicht zugeben. Wir dürfen vielmehr, wie ich glaube, in den europäisch gewordenen, stark mit nordischen Bestandteilen durchsetzten Rundköpfen einen brauchbaren, wenn auch nicht ganz

vollwertigen Ersatz für die zweifellos in vielen Gegenden immer seltener werdenden reinblütigen Langköpfe erblicken.

Wenn auch bei Linné, wie Retzius neuerdings mit Recht betont hat, der Homo alpinus einen Teil des krankhaft entarteten Homo monstrosus bildet, wird man doch wohl in etwas anderem Sinne diesen bezeichnenden und zweckmäßigen naturgeschichtlichen Namen für den europäischen Zweig der rundköpfigen Menschenart beibehalten dürfen. Wäre die Namengebung für das Menschengeschlecht vollständig der im Tierreich gebräuchlichen angepaßt, so würde allerdings der Beiname immer eine besondere Art (species) bezeichnen, und wollten wir die Rundköpfe in Europa nicht als solche, sondern höchstens als Spielart oder Rasse (varietas) gelten lassen, so müßte man eigentlich Homo brachycephalus var. alpina sagen. Unter dem Begriff Homo europäus alle Bewohner unseres Weltteils zusammenzufassen und die drei europäischen Rassen als varietas flava oder europaea im engeren Sinne, alpina und mediterranea zu unterscheiden, verbietet die ursprünglich ganz andere, vermutlich außereuropäische Herkunft der mittleren.

Wo die rundköpfige Menschenart sich noch in größter Reinheit erhalten hat, wie im inneren Hochasien, ist sie durch folgende Merkmale gekennzeichnet. Runder, verhältnismäßig hoher Kopf (Index 85), breites, flaches Gesicht mit weit ausladenden Jochbeinen und platter Nase mit tiefliegender Wurzel und querstehenden Naslöchern, ausgesprochen gelbliche Hautfarbe (daher der Name »gelbe Rasse«), schwarze, straffe und grobe, im Querschnitt fast runde Haare, spärlicher, oft auf wenige Stachelhaare sich beschränkender Bartwuchs, dunkle, fast in der Gesichtsebene liegende Augen mit schmaler und schiefer Lidspalte, deren innerer Winkel von der »Mongolenfalte« bedeckt wird, plumpe, untersetzte Gestalt mit langem Rumpf und kurzen Beinen. »So bilden schlitzäugige, platte, gelbe Gesichter«, sagt Volz, »das Ausgeprägteste des mongolischen Typus«, und dem entspricht fast wörtlich die Schilderung des Hunnenkönigs Attila bei Jordan: »Er war klein von Wuchs, breitschulterig, dickköpfig, hatte kleine Augen, spärliches, mit Grau untermischtes Barthaar, eine platte Nase, dunkle Hautfarbe und die unverkennbaren Merkmale seines Ursprungs«. Über diesen können wir demnach allerdings nicht im Zweifel sein, und die gleichen Kennzeichen tragen, mehr oder

weniger stark ausgeprägt, auch alle späteren Einwanderer aus Asien, das man so lange ohne jeden sachlichen Grund für die Urheimat der langköpfigen, lichthaarigen Völker gehalten hat. Selbstverständlich haben diese Merkmale bei der ungeheuren Ausdehnung des Verbreitungsgebietes der Art und ihrer Berührung und Durchdringung mit den verschiedenartigsten Fremdvölkern die mannigfaltigsten Veränderungen erfahren: in Europa in der schon geschilderten Weise, in Amerika durch Blutmischung mit den dunkelfarbigen, langköpfigen Urbewohnern zu den »rothäutigen«, mittelköpfigen, oft großnasigen Indianern, in Ostasien, Inselindien und Ozeanien endlich, wo noch allerlei andere Einflüsse mitgewirkt haben, zu den mittelgroßen, gut gebauten, mäßig rundköpfigen, ziemlich hübschen Malaien, den negerartigen Papua und den manchmal an europäische Gestalt und Gesichtsbildung erinnernden Polynesiern.

Nur mit wenigen Zügen und scharfen Umrissen habe ich in dem mir zur Verfügung stehenden Rahmen ein gedrängtes Bild der ausgestorbene und lebende Arten umfassenden Menschen- und Völkerkunde entwerfen können. Zwischen der Fülle des Stoffes und der Enge des Raumes besteht ein Mißverhältnis, und über einzelne Sätze dieser Abhandlung ließen sich ganze Bände schreiben. Möchte mein Versuch wenigstens eine Vorstellung geben von der Wichtigkeit des behandelten Gegenstandes, dem Umfang des nur mit Blitzlichtern gestreiften Forschungsgebietes, der Länge der menschlichen Entwicklungsbahn und den tiefgründigen Wurzeln unserer heutigen Gesittung.

Besser als mit vielen Worten wird sich der ganze Zusammenhang durch den meinem Buche »Leben und Heimat des Urmenschen« entlehnten Stammbaum des Menschengeschlechts klar und anschaulich machen lassen. Er zeigt das Bild eines richtigen Baumes, dessen schlanker Stamm aus niedrigem Gesträuch hoch emporstrebt und dessen Wurzel der vorausgesetzte tierähnliche Stammvater der Großaffen und Menschen, dessen höchsten Gipfel die vollkommenste Menschenart, der leiblich und geistig gleich ausgezeichnete Homo europaeus bildet. Zur Erläuterung diene, daß auf der Zeichnung nur die Entwicklungsstufe, nicht das Erdalter, zwei sehr verschiedene Dinge, die sich zeichnerisch nicht vereinigen lassen, zum Ausdruck kommt. Die ausgestorbenen Arten sind durch †, die nicht durch Knochenfunde

belegten durch * bezeichnet, die fossilen, aber in wenig veränderten Nachkommen fortlebenden dem Ast oder Stamm durch o eingefügt. Der punktierte Querstrich gibt die Grenze zwischen Vormenschen, Proanthropi, und richtigen Menschen, Homines oder Anthropidae, an. Die rechte Seite wird durch die asiatischen und amerikanischen, die linke durch die europäischen und afrikanischen Arten eingenommen. Wo eine Ausstrahlung von der einen zur anderen Erdhälfte stattgefunden hat, ist das abgebrochene Zweigende durch —> kenntlich gemacht. Nur beim Urmenschen und den drei lebenden Grundrassen oder Arten ist der Gattungsname Homo ausgeschrieben.[11]

Da sich unten leicht eine Verknüpfung mit dem Stammbaum der Säugetiere bewerkstelligen, oben aber ohne weiteres der von mir entworfene der indogermanischen, aus der höchstentwickelten Menschenart hervorgegangenen Völker aufsetzen läßt, ist damit ein ununterbrochener Zusammenhang der niedersten mit den höchsten Lebensformen hergestellt, die verbindende Brücke von der Naturforschung zu den Geisteswissenschaften geschlagen.

---

[11] Der neueste von Haeckel aufgestellte Stammbaum (Ullsteins Weltgeschichte I) läßt sich in mancher Hinsicht mit dem meinigen vergleichen, zeigt jedoch unbestreitbare Mängel; so entbehren die Menschenrassen der naturwissenschaftlichen Bezeichnungen, so wird als gemeinsamer Stammvater der Menschen und Großaffen ein mutmaßlicher »Urgibbon (Prothylobates)« angegeben, obwohl gerade diese Gattung dem Menschen am fernsten steht, so nehmen die weiße und gelbe Rasse die gleiche Höhe ein, obgleich entwicklungsgeschichtlich die erste einen entschiedenen Vorsprung hat, u. dergl.

Schriftenverzeichnis.

(Ohne Anspruch auf Vollständigkeit.)

Adloff, Das Gebiß des Menschen und der Anthropomorphen. Berlin, J. Springer. 1908.

— Neue Studien über das Gebiß der diluvialen und rezenten Menschenrassen. Deutsche Monatsschr. f. Zahnheilk. H. 2, 1910.

Adolf Friedrich, Herzog von Mecklenburg, Ins innerste Afrika. Leipzig, Klinkhardt u. Biermann, 1909.

Ameghino, Le Diprothomo platensis, un précurseur de l'homme du pliocène inférieur de Buenos Aires. 1909.

Arldt, Die erste Ausbreitung des Menschengeschlechts. Pol.-anthrop. Revue VIII 2, 1909.

Bergfeld, Wie die Urmenschen erbliche Rassenfarben erwarben und wie sie ihr Haarkleid verloren. Berlin und Leipzig, C. Wigand, 1910.

Boelsche, Der Mensch der Vorzeit. Stuttgart, Franckh 1910.

Boule, L'homme fossile de La Chapelle aux Saints. L'Anthropologie XIX u. XX. 1908/9.

Buschan, Illustrierte Völkerkunde. Stuttgart, Strecker u. Schröder, 1910.

Dubois, Pithecanthropus erectus, eine menschenähnliche Übergangsform aus Java. Batavia 1894.

— Pithecanthropus erectus, eine Stammform des Menschen. Anat. Anz. XII, 1896.

Fischer, Der Neandertalmensch nach neueren Forschungen. Med. Klinik 37, 1907.

Forrer, Urgeschichte des Europäers. Stuttgart, W. Spemann, 1908.

Fraipont et Lohest, La race de Néandertal ou de Canstadt en Belgique. Arch. de Biol. VII, 1887.

Fraipont, La race imaginaire de Canstadt ou de Néandertal. Bull. de la Soc. d'Anthr. de Bruxelles XIV, 1895/6.

Fuhlrott, Der fossile Mensch aus dem Neandertal. Duisburg 1865.

Gorjanovic-Kramberger, Der diluviale Mensch von Krapina. Wiesbaden 1906.

Guenther, Vom Urtier zum Menschen. Stuttgart, Deutsche Verl.-Anstalt, 1909.

Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte. 1868.

— Unsere Ahnenreihe (Progonotaxis hominis). Jena, G. Fischer, 1908.

Klaatsch, Die neuesten Ergebnisse der menschlichen Paläontologie usw. Zeitschr. f. Ethnologie XLI, 1909.

Lapouge de, L'Aryen etc. Paris 1899.

— Die naturwissenschaftliche Bezeichnung der Menschenrassen. Pol.-anthrop. Revue V 12, 1907.

Lehmann-Nitsche, Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine. 1907.

Lehmann-Nitsche, Homo sapiens und Homo neogaeus aus der argentinischen Pampasformation. Verhandl. d. XVI. Amerik. Kongresses. Wien 1910.
Obermaier, Das geologische Alter des Menschengeschlechts. Mitteil. d. Geol. Ges. I 3, Wien 1908.
Pohlig, Eiszeit und Urgeschichte des Menschen. Leipzig, Quelle u. Mayer, 1907.
Reinhardt, Die neuentdeckten ältesten menschlichen Skeletreste. Neuland des Wissens I 15, 1910.
— Die älteste menschliche Bevölkerung zur Eiszeit und ihre Herkunft nach den neuesten Skeletfunden. Frankfurt, Neuer Verlag 1910.
Retzius, Crania suecica antiqua. Stockholm 1899.
— und Fürst, Anthropologia suecica. Stockholm 1902.
— The so-called north european race of mankind. Huxley-Lecture. London 1909.
Sauer, Exkursion in die Maurer Sande usw. Ber. über die 42. Vers. d. Oberrh. geol. Ver. 1909.
Schoetensack, Der Unterkiefer des Homo heidelbergensis aus den Sanden von Mauer. Leipzig, W. Engelmann, 1908.
Schwalbe, Die Vorgeschichte des Menschen. Braunschweig, Vieweg, 1904.
— Studien zur Urgeschichte des Menschen. Stuttgart, E. Schweizerbart, 1906.
Sergi, Europa, Torino 1906.
Sollas, On the cranial and focial characters of the Neandertal race. Phil. Trans. B. Vol. 199.
Stratz, Naturgeschichte des Menschen. Stuttgart, F. Encke, 1904.
Stoller, Spuren des diluvialen Menschen aus der Lüneburger Heide. Berlin, Geol. Landesanstalt, 1910.
Verneau, A propos de la race de Grimaldi, L'Anthropologie XVIII, 1907.
Werth, Das geologische Alter und die stammesgeschichtliche Bedeutung des Homo heidelbergensis. Globus XCVI, 1909.
Wilser, Die Vererbung der geistigen Eigenschaften. Illenauer Festschrift 1892.
— Menschenrassen und Weltgeschichte. Naturwiss. Wochenschr. XIII 1, 1898.
— Die Urheimat des Menschengeschlechts. Verh. d. Heidelb. Naturhist.-med. Vereins N. F. VII, 1903.
— Die Germanen, Beiträge zur Völkerkunde. Eisenach u. Leipzig, Thüring. Verlag, 1904.
— Stammbaum der indogermanischen Völker und Sprachen. Jena, H. Costenoble, 1905.
— Die Rassengliederung des Menschengeschlechts. Pol.-anthr. Revue V 7/8, 1907.
— Menschwerdung. Stuttgart, Strecker u. Schröder, 1907.
— Tierwelt und Erdalter, ebenda 1908.
— Rassentheorien. Stuttgart, Strecker u. Schröder, 1908.
— Der nordische Schöpfungsherd. Zeitschr. f. d. Ausbau d. Entwicklungslehre III 5, 1909.
— Neueste Errungenschaften der menschlichen Paläontologie, Natur I 1, 1909.
— Nochmals der Fund von Mauer. Natur I 8, 1910.
— Leben und Heimat des Urmenschen. Leipzig, Th. Thomas, 1910.
— Nochmals die altsteinzeitlichen Skelette des Berliner Völkermuseums. Zeitfragen Nr. 20, 1910.

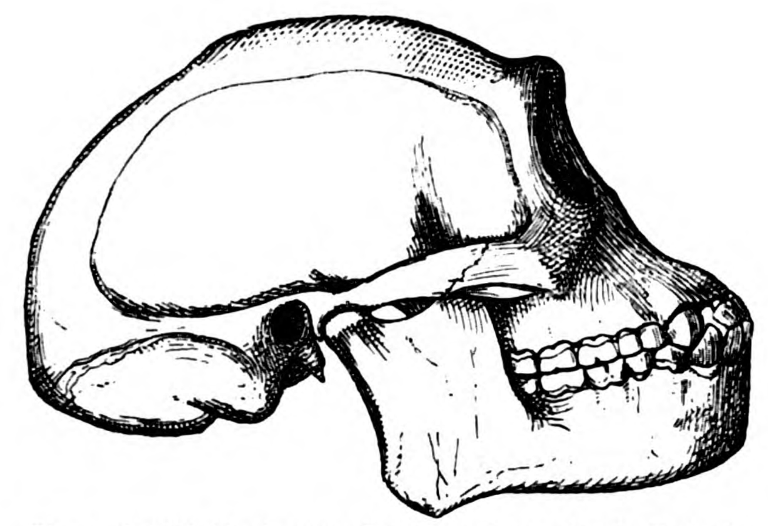


Fig. 1 Schädeldach von Trinil ergänzt durch Dubois
Proanthropus erectus

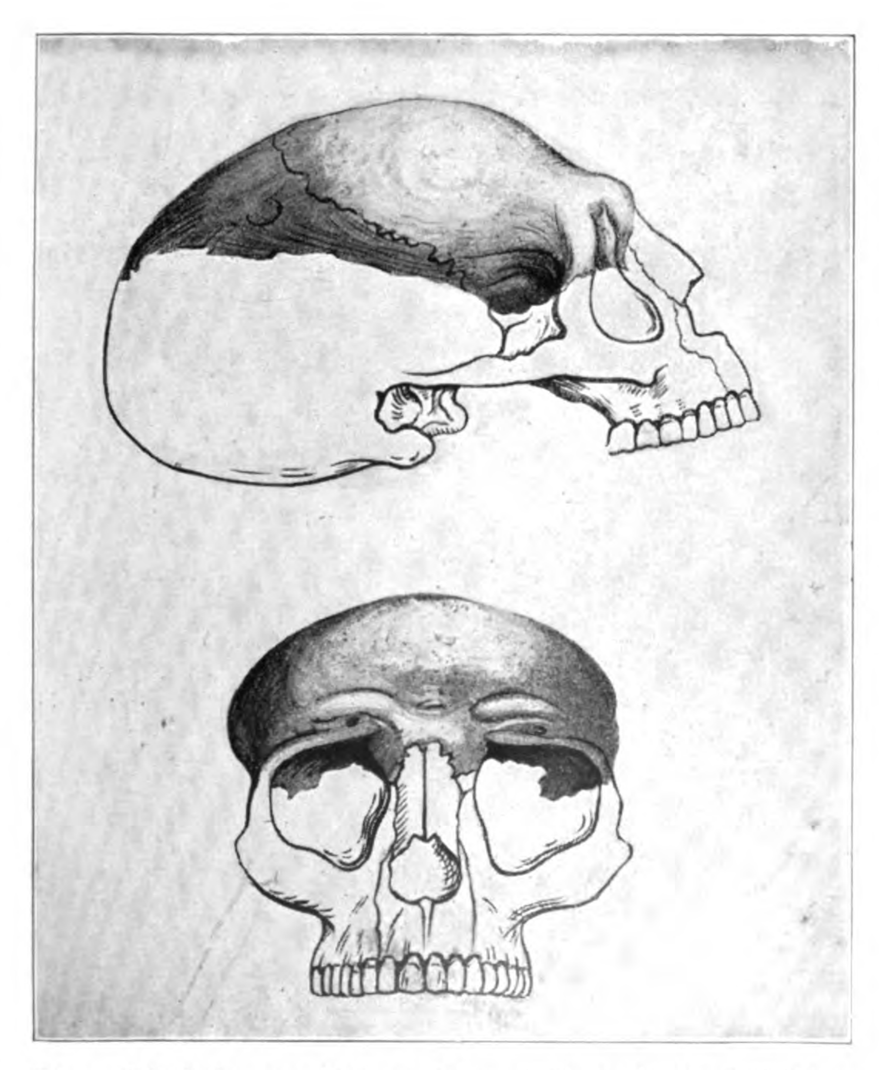


Fig. 2 Stirnbein von Buenos Aires ergänzt durch Ameghino
Proanthropus neogaeus?

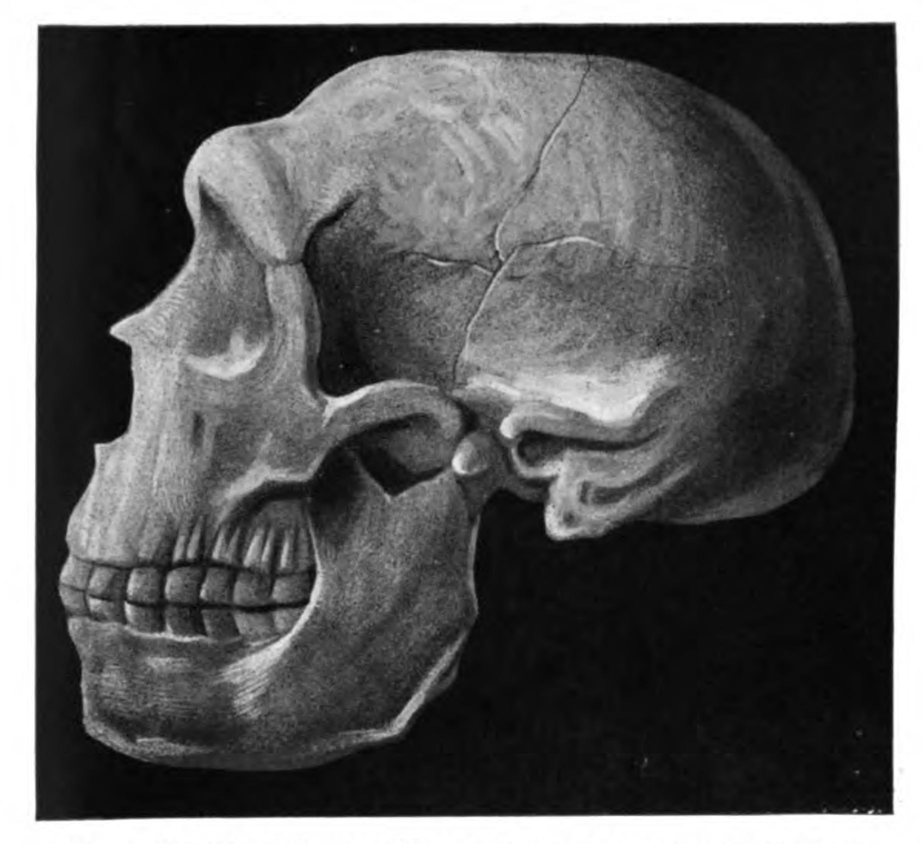


Fig. 3 Schädeldach von Neandertal ergänzt durch Klaatsch
Homo primigenius



Fig. 4 Schädel eines Australiers

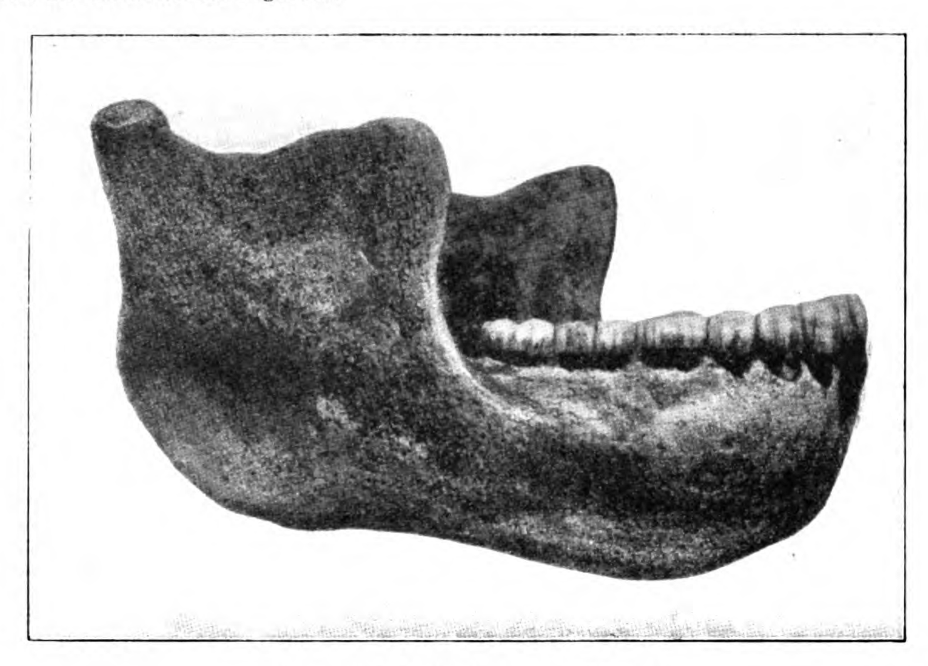


Fig. 5 Unterkiefer von Mauer
Homo primigenius



Fig. 6 Schädel von La Chapelle aux Saints
Homo primigenius





Fig. 7 Schädel von La Chapelle mit Unterkiefer von Mauer



Fig. 8 Schädel von Le Moustier
Homo primigenius

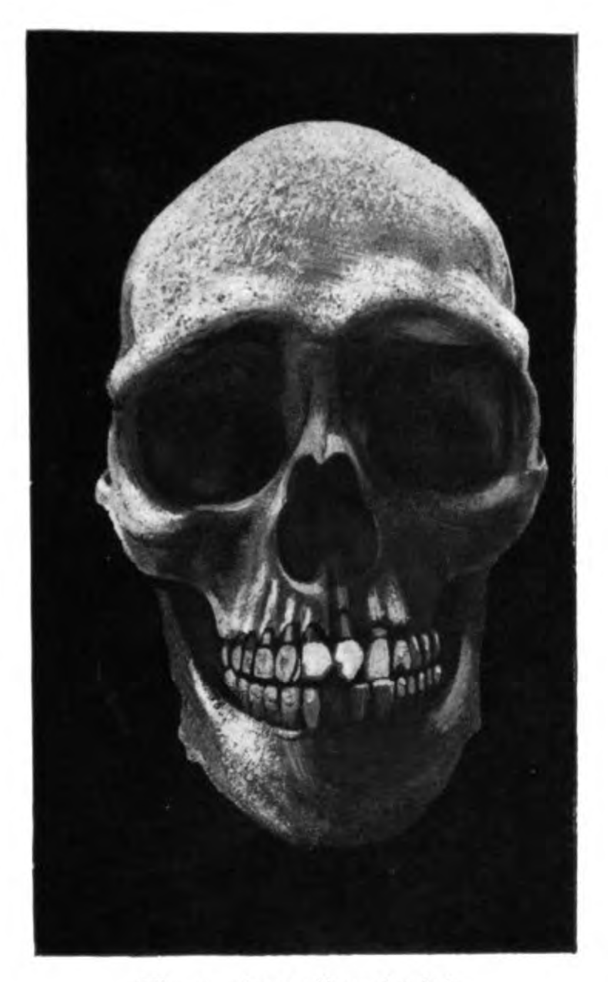


Fig. 9 Australierschädel



Fig. 10 Kopf des Urmenschen nach von Hase

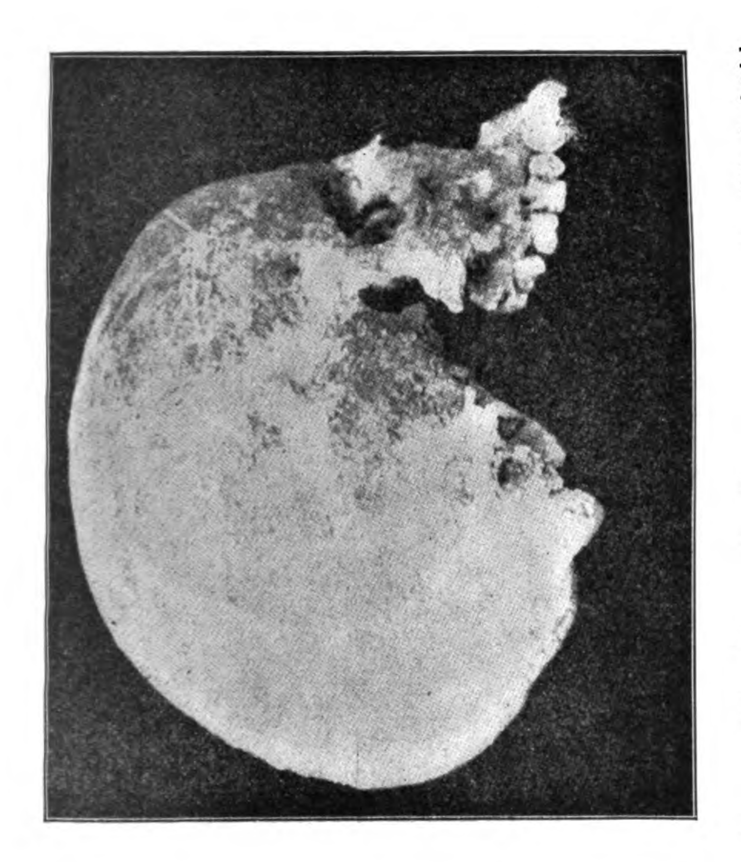


Fig. 11 Schädel aus der Doppelbestattung der Kinderhöhle
Homo niger var. fossilis

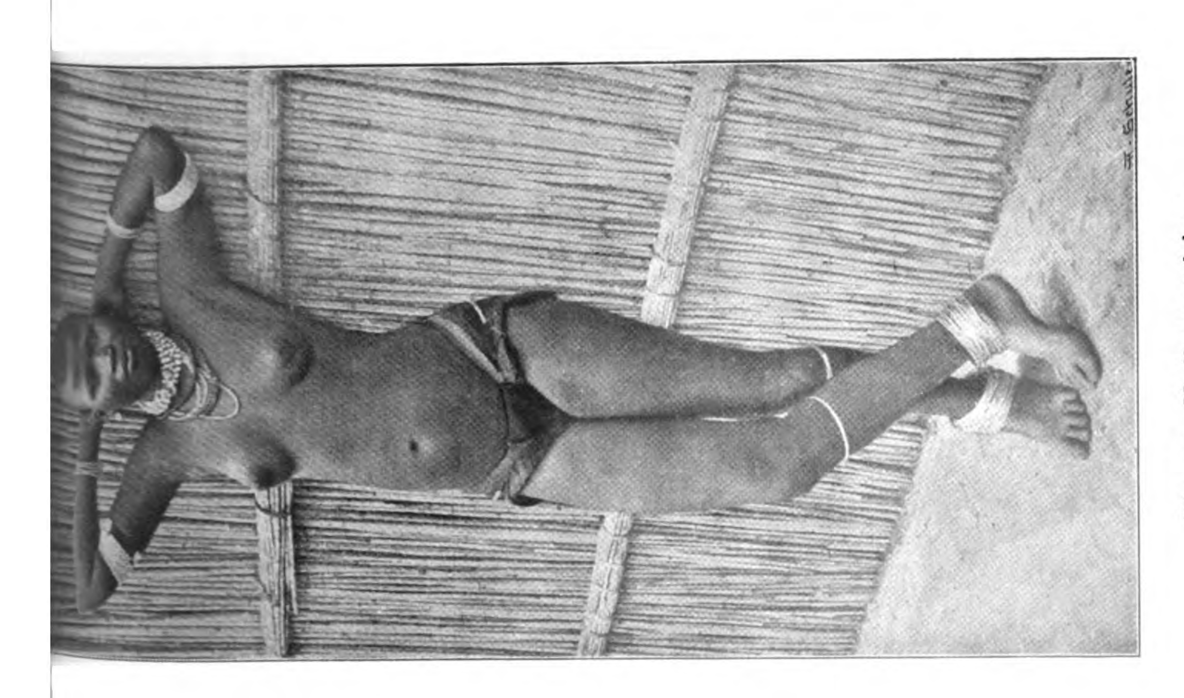


Fig. 12 Kaffernmädchen
Homo niger



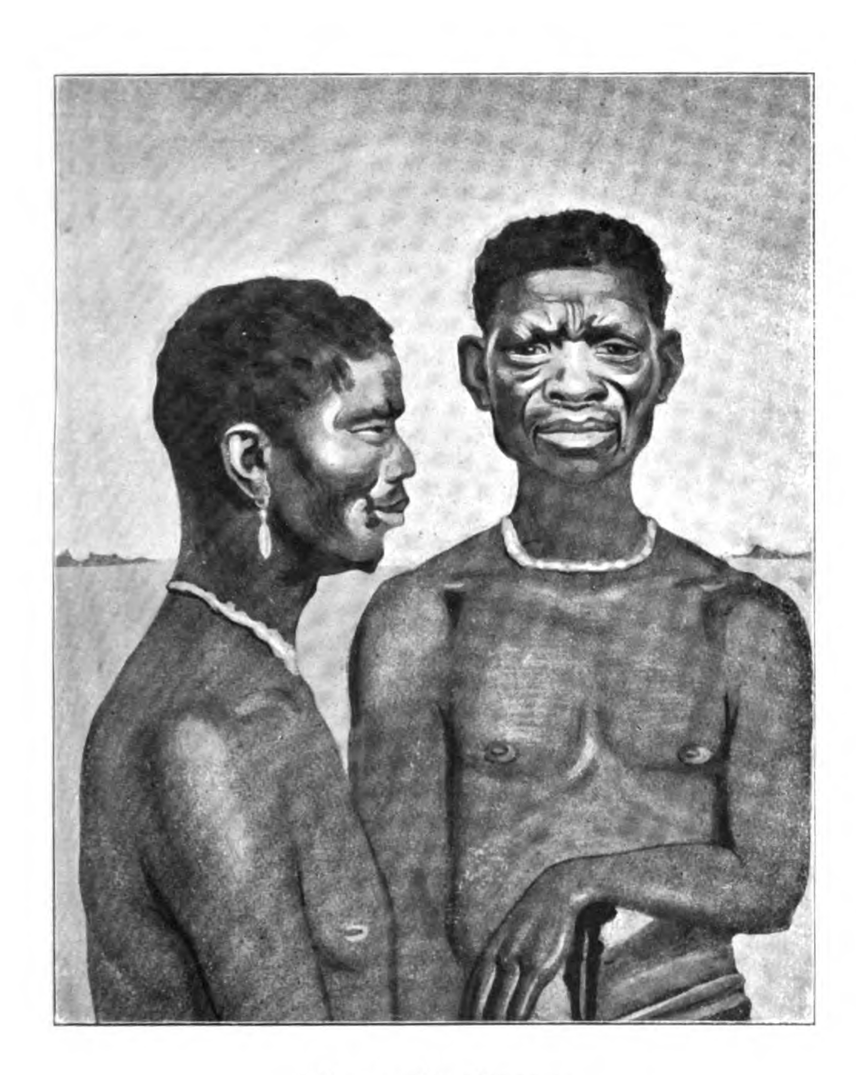


Fig. 13 Buschmann

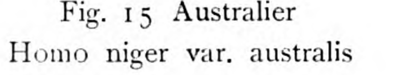


Fig. 15 Australier
Homo niger var. australis

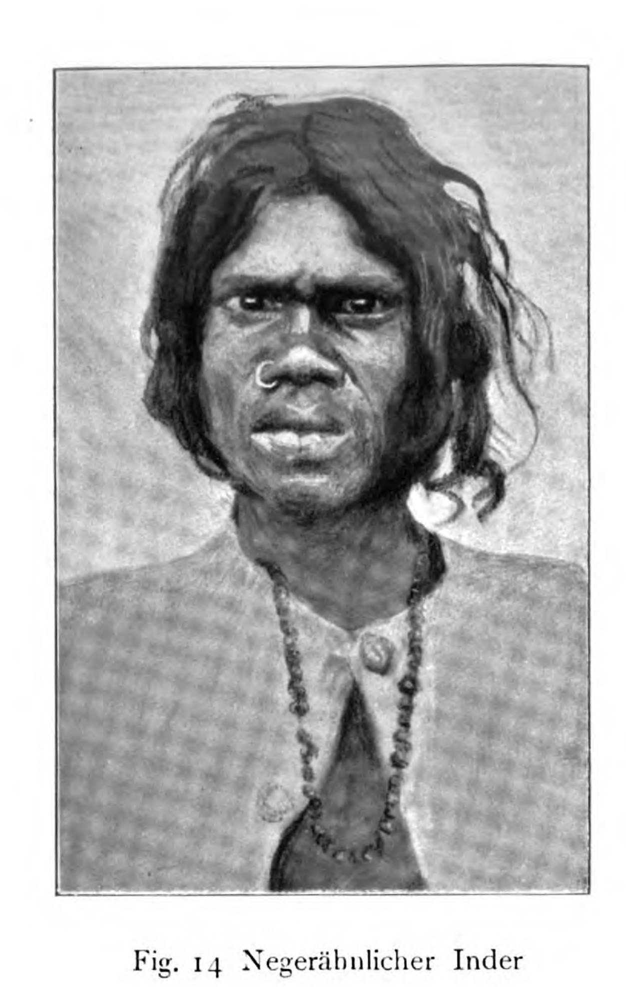


Fig. 14 Negerähnlicher Inder



Fig. 16 Skelet von Montferrand
Homo mediterraneus var. fossilis

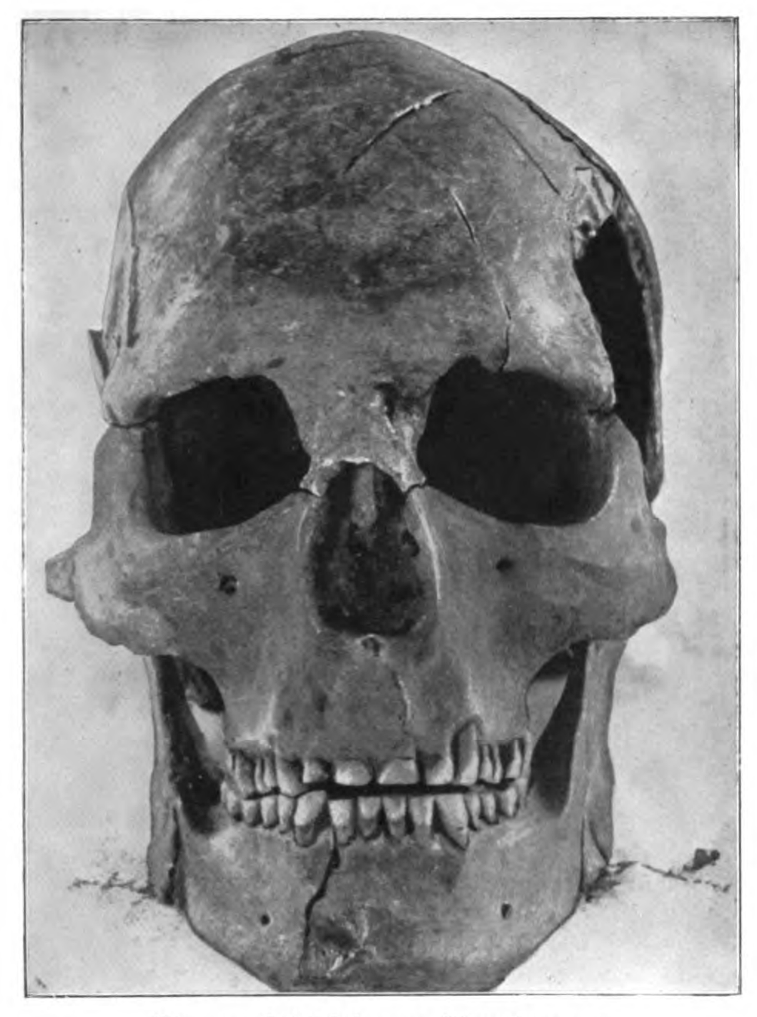


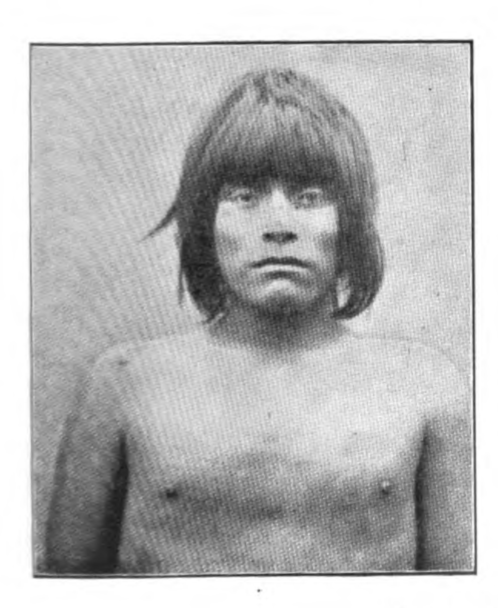
Fig. 17 Schädel von Montferrand



Fig. 18 Schädel von Gibraltar



Fig. 19 Schädel von Necochea
Homo pampaeus



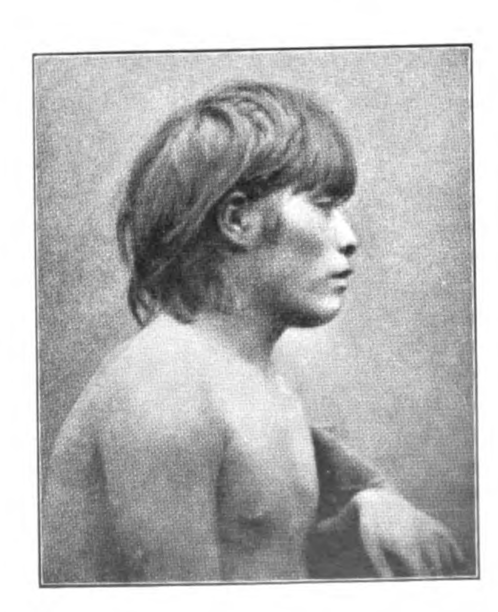


Fig. 20 Feuerländer

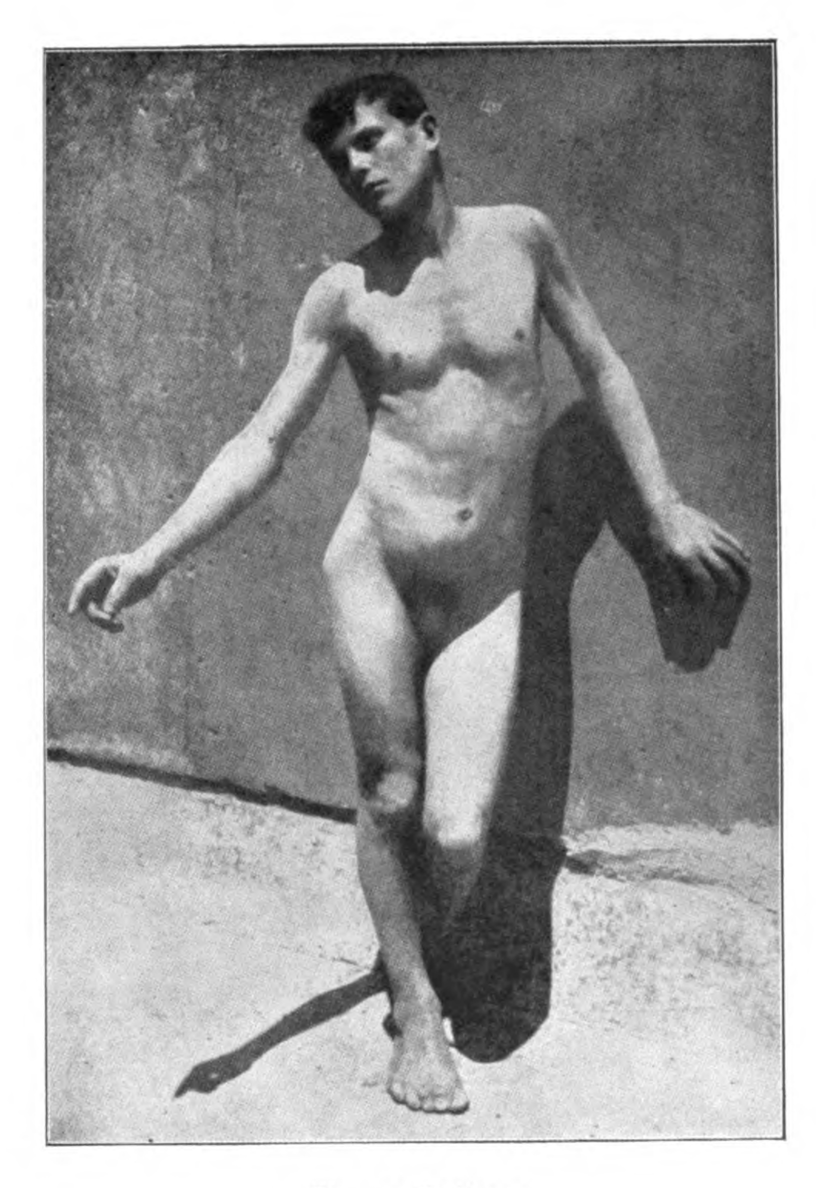


Fig. 21 Italiener
Homo mediterraneus



Fig. 22 Schädel von Cro-Magnon
Homo europaeus var. fossilis



Fig. 23 Schwedische Steinzeitschädel
Homo europaeus



Fig. 24 Schädel aus einem süddeutschen Reihengrab
Homo europaeus



Fig. 25 Schädel von La Truchère
Homo brachycephalus var. fossilis

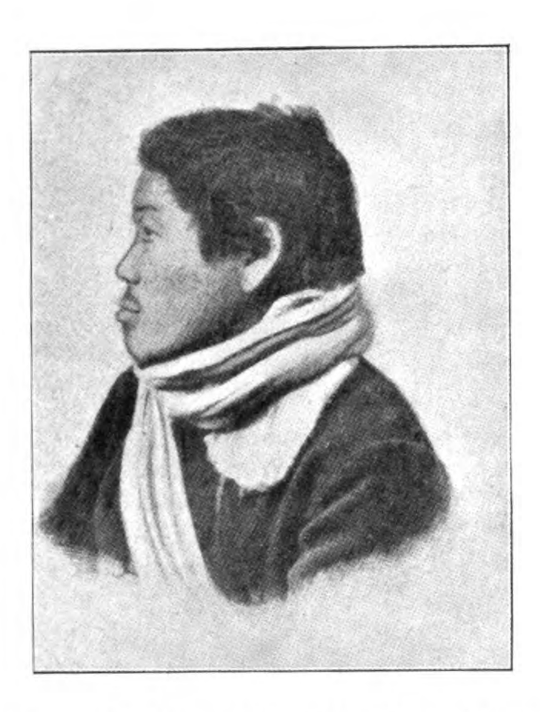


Fig. 26 Jakute Homo brachycephalus



Fig. 27 Samoanerinnen

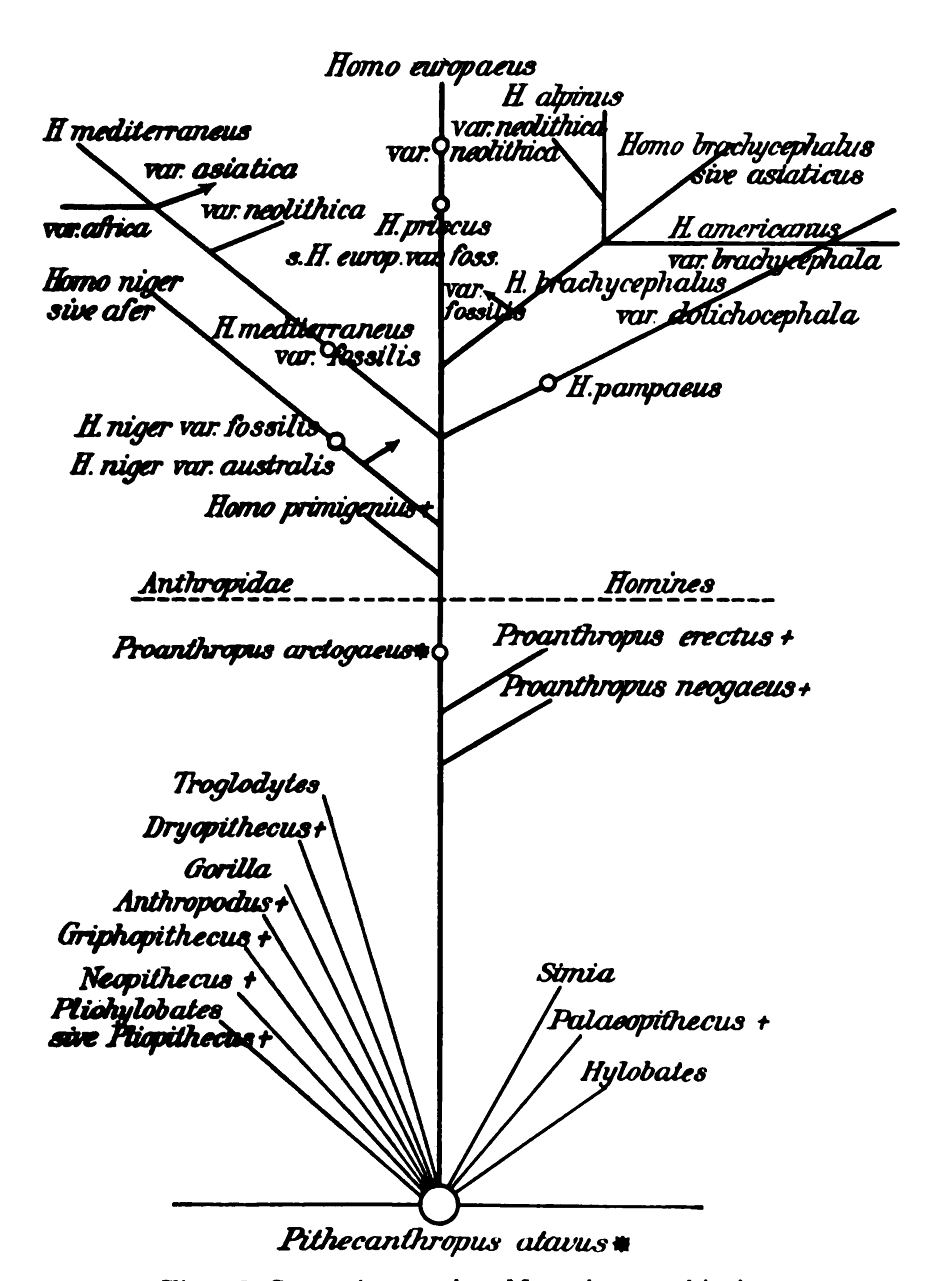


Fig. 28 Stammbaum des Menschengeschlechts

Verhandlungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins

IN KARLSRUHE

24. Band. 1910—1911.

Mit 12 Tafeln, 38 Textfiguren und 4 Kartenskizzen.

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1912.

Inhaltsverzeichnis.

Sitzungsberichte.

Abhandlungen.

Jahresbericht.

Im Vereinsjahr 1910/11 haben 15 Sitzungen stattgefunden, in denen 20 Vorträge gehalten worden sind; von den Thematen fielen 6 auf Physik, je 3 auf Geologie und allgemeine Naturwissenschaften, je 2 auf Botanik und Chemie und je 1 auf Geophysik, Anthropologie, Pädagogik und Zoologie. Als Versammlungslokal diente an 5 Abenden das sogenannte Speisezimmer im Gesellschaftshause des »Museums«, an den übrigen 10 ein Hörsaal der Technischen Hochschule.

Die Mitglieder des Vereins waren außerdem dreimal von der Deutschen Kolonialgesellschaft Abt. Karlsruhe, zweimal vom Bezirksverein deutscher Ingenieure und einmal vom Elektrotechnischen Verein zu Vorträgen eingeladen.

Tätigkeit der Erdbebenkommission im Vereinsjahr 1910/11.

Die beiden Erdbebenstationen in Durlach und Freiburg waren das ganze Jahr hindurch mit geringen Unterbrechungen tätig. In Durlach sind mehrere Störungen dadurch aufgetreten, daß die photographischen Linsen infolge der großen Feuchtigkeit, die das ganze Jahr hindurch in den Stationsräumen geherrscht hat, beschlagen waren. In Freiburg hat die elektrische Auslösung, durch welche die Lampe jeweils etwas verschoben wird, häufig versagt; es wurde deshalb in der Großh. Uhrmacherschule in Furtwangen ein neuer Registrierapparat angefertigt, bei dem die Lampe feststeht, während die Registriertrommel etwas verschoben wird.

In Durlach ist mit dem Bau der für die Großh. landwirtschaftliche Versuchsanstalt in Augustenberg bestimmten Rebveredlungsanstalt auf dem Gelände, unter dem sich die Erdbebenstation befindet, bis zum Schluß des Vereinsjahres nicht begonnen worden. Der Erdbebenstation sind vom Großh. Ministerium des Innern etwas größere Arbeitsräume als ursprünglich geplant war, zugestanden worden.

Aus den in Durlach und in Freiburg erhaltenen Aufzeichnungen sind die Erdbeben und die stündlichen Ordinaten bis Ende 1908 abgelesen worden. Die Bearbeitung des letzteren Materials zur Ableitung der Deformation der Erdkruste durch den Mondeinfluß ist begonnen worden. In dankenswerter Weise hat das Großh. Ministerium des Kultus und Unterrichts einen einmaligen außerordentlichen Zuschuß von 500 M. zu den Kosten des Betriebs der beiden Stationen bewilligt.

Im Keller des Aulabaues ist seit dem Vorjahr ein Mainkasches Kegelpendel mit Registrierung auf berußter Trommel aufgestellt; es war fast ununterbrochen im Betrieb, doch waren wegen der großen Unruhe des Hauses die ersten Einsätze der Beben meist schwer zu erkennen.

Erdbeben im Land sind am 6. Mai, 7. und 8. Dezember 1910 und 21. Januar 1911 vorgekommen. Vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie ist mit Hilfe der Großh. Wasser- und Straßenbauinspektionen Beobachtungsmaterial darüber gesammelt worden.

Der Stadt Durlach verdankt die Erdbebenkommission einen Beitrag von 80 M., der zur Deckung der Kosten der Gas- und Wasserzuleitung zur Erdbebenstation bestimmt ist; in Freiburg wird die elektrische Beleuchtung der dortigen Erdbebenstation in dankenswerter Weise von der Stadtgemeinde unentgeltlich geliefert.

Rechnungsführung.

A. Vermögensaufstellung am 20. Juni 1911.

Einnahmen.

Kassenvorrat im Vorjahr	M.	2 896.83	
Mitgliederbeiträge	»	1 614.—	
Zahlung der Stadtkasse Durlach . .	»	80.—	
Beitrag des Ministeriums des Kultus und Unterrichts	»	300.—	
Beitrag des Vereins Karlsruher Ärzte zu einem gemeinsamen Vortrag .	»	20.—	
Zinsen von Wertpapieren	»	942.—	
Zinsen im Kontokorrent	»	73.39	
		M.	5 926.22

Ausgaben.

Bureaukosten, Drucksachen, Lokalmiete, Porti usw.	M.	1 084.63		
Jahresberichte	»	1 841.93		
	»	2 926.56		
Erdbebenstation Durlach	»	108.54		
			M.	3 035.10
Kassenrest im Juni 1911			M.	2 891.12
Bestand der Handkasse	M.	28.29		
Guthaben bei der Bad. Bank	»	2 862.83	»	2 891.12

B. Das Vermögen hat am 20. Juni 1911 betragen:

In Wertpapieren lt. Aufstellung	M.	26 200.—		
In bar	»	2 891.12		
			M.	29 091.12
Das Vermögen betrug im Juni 1910			»	29 096.83
mithin Abnahme			M.	5.71

Drucksachen-Tauschverkehr.

Im Vereinsjahr sind neue Tauschverbindungen nicht angeknüpft worden.

Eingegangen sind die nachstehend verzeichneten Druckwerke:

A. Von Akademien, wissenschaftlichen Instituten und Vereinen:

Ann Arbor. Michigan Academy of Science: Twelfth Report.

Augsburg. Naturwissenschaftlicher Verein. 39. u. 40. Bericht.

Bamberg. Naturforschende Gesellschaft. Festschrift zur Feier des 75jährigen Bestehens 1834—1909 (21. Bericht).

Basel. Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen. Band 20, Heft 3, mit Autorenverzeichnis der Bände 1—20; Band 21.

Bergen. Museum. Aarsberetning for 1910. — Aarbog 1910; 1. 2. 3. hefte; 1911, 1. hefte. — An acount of crustacea of Norway Vol. V, Parts 29—34.

Berlin. Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift: A. Abhandlungen 62. Band, 1.—4. Heft, 63. Band 1. Heft. B. Monatsberichte 1910 No. 1—12, 1911 No. 1—3.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen aus dem Jahr 1909, No. 1701—1739; desgl. 1910, No. 1740—1769.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens. Sitzungsberichte 1909, 2. Hälfte; 1910, 1. Hälfte. — Verhandlungen. 66. Jahrgang 1909, 2. Hälfte; 67. Jahrgang 1910, 1. Hälfte.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings. Vol. 45, No. 8—21; Vol. 46 No. 1—17.

Braunschweig. Verein für Naturwissenschaften. 16. Jahresbericht für die Vereinsjahre 1907/1908 u. 1908/1909.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen. 20. Band, 2. Heft.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. 87. Jahresbericht.

Brünn. Naturforschender Verein. Verhandlungen 48. Band 1909. — 26. Bericht der meteorol. Kommission des N. V.: Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1906.

Bruxelles. Observatoire Royal de Belgique. Annuaire astronomique pour 1912. — Annales, nouvelle série, physique du globe Tome V, Fasc. I.

— Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique. Annales Tome 45, Année 1910.

— Société Entomologique de Belgique. Annales Tome 54. — Mémoires Vol. XVIII.

— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts. Bulletin de la classe des sciences 1910, No. 5—12; 1911 No. 1—4. — Tables générales du recueil des Bulletins, 3me série, Tomes 31 à 36 (1898—1908). — Annuaire, 77e année 1911.

Chapel Hill (North Car.). Elisha Mitchell Scientific Society. Journal. Vol. 26, No. 1—4.

Chicago. Field Columbian Museum. Zoological series Vol. VII, No. 9: A. synoptic list of the fishes known to occur within

fifty miles of Chicago. Vol. VII, No. 10: Notes on some cleridae of Middle and North America with description of new species. Vol. X, No. 3: Further new mammals of British East Africa. Vol. I, No. 6: Catalogue of a collection of birds from Costa Rica. Vol. VII, No. 11: Batrachians and reptiles from British East Africa. Vol. VII, No. 12: Notes on batrachians and reptiles from the islands north of Venezuela. Vol. X, No. 4: Mammals from the coast and islands of northern South America. — Report series. Vol. IV, No. 1: Annual Report of the Director for the year 1910.

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht, neue Folge, 52. Band, Vereinsjahr 1909/10.

Cincinnati. Lloyd Library. Mycological series No. 4: Lloyd. Synopsis of the known phalloids; No. 14: Synopsis of genus Hexagona. — Mycological notes No. 27—36. -- Pharmacy series: The electric alkoloids, resins, resinoids, oles-resins and concentrated principles. — Botany series: Catalogue of the ferus and flowering plants of Cincinnati, Ohio and vicinity.

Columbus. State University. 39th Report of the year ending June 30, 1909. — Catalogue May 26 1910. — 15th Annual Report of the Ohio State Dairymens Association 1909. — Universitary Bulletin. College of Engineering. Part II. — Univ. Bull. Commencement number July 22, 1909. — University views.

Colmar. Naturhistorische Gesellschaft. Mitteilungen, neue Folge. 9. Band. Jahre 1907 u. 1908.

Dahlem bei Berlin. Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. Verhandlungen. 52. Jahrg. 1910. — Verzeichnis der in den Verhandlungen des B. V. Band 31—50 enthaltenen Arbeiten.

Dar-es-Salâm. Kaiserl. Gouvernement. Der Pflanzer. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Jahrgang VII, No. 1—6.

Davenport (Jowa). Academy of Natural Science. Proceedings. Vol. 12, P. 223—240.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht. Sitzungsperiode 1909/1910.

— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrg. 1910 Jan.—Dez.

Dresden. Genossenschaft Flora, Gesellschaft für Botanik und Gartenbau. Sitzungsberichte und Abhandlungen. 14. Jahrgang der neuen Folge 1909/1910.

Dürkheim. Pollichia, Naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Mitteilungen No. 25, 26. Jahrgang 1909.

Emden. Naturforschende Gesellschaft. 94. Jahresbericht 1908/09.

Erlangen. Physikalisch-medizinische Sozietät. Sitzungsberichte 41. Band 1909.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein. Jahresbericht für das Rechnungsjahr 1909/1910.

— Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft. 41. Bericht.

Frankfurt a. O. Naturwissenschaftlicher Verein. Helios 26. Band.

Freiburg i. B. Naturforschende Gesellschaft. Berichte. 18. Band, 2. Heft.

Graz. Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark. Mitteilungen. Band 46, 1. u. 2. Heft.

Greifswald. Geographische Gesellschaft. 12. Jahresbericht 1909/10.

Halifax. Nova Scotian Institute of Natural Science. Proceedings and Transactions. Vol. XII, Part. 2.

Halle. Sächs.-Thür. Verein für Erdkunde. Mitteilungen. 34. Jahrgang 1910.

— Kais. Leop.-Karol. Deutsche Akademie der Naturforscher. Anzeiger Heft 46, No. 6—12; Heft 47, No. 1—5.

Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Verhandlungen 1909. 3. Folge XVII. — Abhandlungen aus dem Gebiet der Naturwissenschaften. 19. Band, 3. u. 4. Heft.

Hamilton (Canada). Scientific Association. Proceedings of the Jubilee Celebrations held at the Hamilton Conservatory of Music Nov. 8th 1907. 1857—1907.

Hanau. Wetterauische Gesellschaft für die gesamte Naturkunde. 10. Bericht über den Zeitraum vom 1. Oktober 1903 bis 30. September 1909.

Hannover. Naturhistorische Gesellschaft. 58. u. 59. Jahresbericht über die Geschäftsjahre 1907/08 u. 1908/09.

Heidelberg. Großh. Sternwarte. Jahresbericht 1910.

— Naturhistorisch-medizinischer Verein. Verhandlungen. 10. Band, 4. Heft; 11. Band, 1. u. 2. Heft.

Hermannstadt. Siebenb. Verein für Naturwissenschaften. Verhandlungen und Mitteilungen. 60. Band, Jahrg. 1910.

Innsbruck. Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein. Berichte. 33. Jahrgang 1910.

Karlsruhe. Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie. Jahresbericht für 1909.

— Landesgartenbauverein. Der Gartenfreund. Jahrgang 1910.

Königsberg. Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft. Schriften. 50. Jahrgang 1909.

Lausanne. Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Bulletin. Vol. 46, Nr. 169—171; Vol. 47, No. 172.

Lawrence. University of Kansas. Science Bulletin. Vol. V, No. 1—11.

Leipa. Nordböhmischer Exkursionsklub. Mitteilungen. 33. Jahrgang, 2.—4. Heft; 34. Jahrgang, 1. Heft.

Leipzig. Naturforschende Gesellschaft. Sitzungsberichte. 36. Jahrgang 1909.

Lüneburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Jahreshefte 18, 1908—1910.

Luxemburg. Institut Grand ducal; Section des Sciences Naturelles, Physiques et Mathématiques. Archives trimestrielles. Nouvelle série, Tome IV, Année 1909, Fasc. 1—4; Tome V, Année 1910, Fasc. 1.

Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde. Abhandlungen. Band II, Heft I.

Marburg. Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften. Sitzungsberichte, Jahrgang 1910.

Merida. Oficina Central de la Seccion Meteorolójica del Estado de Yucatan. Boletin Mensual Sept. 1907—Jan. 1908, März 1910—Mai 1911.

Mexico. Observatorio Meteorológico-Magnetico Central. Boletin Mensual Dez. 1905—Juni 1906, Mai 1909—März 1910.

— Instituto Geológico de Mexico. Boletin No. 25, Texto e Atlas. — Parergones Tomo III No. 3—7.

Milwaukee. Public Museum. 27the Annual Report. Sept. 1st 1908 to Aug. 31st 1909; desgl. 28th A. R. 1909/1910. — Bulletin Vol. I Art. 1: Catalogue of the ordonata of North America.

Milwaukee. Wisconsin Natural History Society. Bulletin Vol. 7 No. 3—4; Vol. 8 No. 1—4.

Modena. Società dei Naturalisti e Matematici. Atti Serie IV. Vol. 12, Anno 43, 1910.

München. K. B. Akademie der Wissenschaften. Sitzungsberichte der mathem.-physik. Klasse Jahrg. 1909 4.—19. Abhandlung, Jahrgang 1910 1.—15. Abhandlung.

— Ornithologische Gesellschaft. Verhandlungen. Band X.

— Bayer. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Mitteilungen. 2. Band No. 15—18. — Berichte. Band XII 2. Heft.

— K. Hydrotechnisches Bureau. Jahrbuch 1909, Heft II; 1910, Heft I. — Die Schneedecke in Bayern in den drei Wintern 1905/06, 1906/07, 1907/08.

Münster. Westfäl. Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst. 38. Jahresbericht für 1909/10.

Nancy. Société des Sciences. Bulletin des séances, Série III, Tome X, Fasc. IV; Tome XI, Fasc. I.

Neuchatel. Société des Sciences Naturelles. Bulletin. Tome 37, Anné 1909/10.

New York. American Museum of Natural History. Bulletin. Vol. 28, 1910. — 41th Annual Report for the year 1910.

Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft. Abhandlungen. 18. Band I.

Osnabrück. Naturwissenschaftlicher Verein. 17. Jahresbericht für die Jahre 1907, 1908, 1909 u. 1910.

Ottawa. Department of the Interior, Mines Branch. Bull. No. 2: Lindemann. Iron ore deposits of the Bristol Mine, Pontiac County, Que. — Bull. No. 3: Recent advances in the construction of electric furnaces for the production of pig iron, steel and zine. — Memoir Nr. 2: The geology or ore deposits of Hedley, Mining District, Brit. Col. — Memoir No. 4: Wilson. Geological reconnaissance along the line of the National Transcontinental Railway in western Quebeck. — Memoir No. 6: Geology of the Haliburton and Bancroft Areas Prov. of Ontario. — Memoir No. 7: Dresser. Geology of St. Bruno Mountain. — Memoir No. 10: Goldthwait. An instrumental survey of the shorelines of the extinct lakes

Algonquin and Nipissing in southwestern Ontario. — Memoir No. 11: Chapman. Triangulation and spirit leveling of Vancouver Island 1909. — Summary Report for the calendar year 1909. — Report of analysis of ores, non-metallic minerals fuels etc. made in the chemical laboratories during the years 1906, 1907, 1908. — Annual Report of the Division of mineral resources and statistics on the mineral production of Canada during the calendar year 1909. — Keele. A reconnaissance across the Mackenzie mountains on the Pelly, Ross, and Gravel rivers Yukon and northwest territories. — Chrysotile-asbestos, its concurrence, exploitation, milling and uses. — Wilson. Geology of an area adjoingting the east side of Lake Timiskaming, Quebeck, whit map No. 18 A.

St. Petersburg. Russ. Phykalisch-Chemische Gesellschaft. Journal T. 42, No. 4—9; T. 43, No. 1—4.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 61, Part. I, II.

Pisa. Società Toscana di Scienze naturale. Atti, Processi Verbali. Vol. 19, No. 1—5; Vol. 20, No. 1—3; Atti, Memorie. Vol. 26.

Portici. Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della Scuola Superiore d'Agricoltura. Bolletino. Vol. IV.

Prag. Deutscher Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein Lotos für Böhmen. Lotos. Band 58.

— K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse. 1910. — Pračka. Untersuchungen über den Lichtwechsel älterer veränderlicher Sterne. Vol. I.

Regensburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Berichte. 12. Heft für die Jahre 1907—1909.

Roma. R. Accademia dei Lincei. Atti. Rendiconti, Classe di science fisiche, matematiche e naturali. Vol. 19, 1° sem., No. 11—12; 2° sem., No. 1—12; Vol. 20, 1° sem., No. 1—9. — Atti. Rendiconto dell' adunanza solenne del 5. Giugno 1910, Vol. II.

— R. Comitato Geologico d'Italia. Bolletino, Anno 1910, Fasc. 1—3.

San Paulo. Sociedad Cientifica. Revista, Vol. IV, No. 1—4.

St. Gallen. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Jahrbuch für die Vereinsjahre 1908 u. 1909.

St. Louis. Academy of Science. Transactions. Vol. 18, No. 2—6; Vol. 19, No. 1—10.

Stockholm. K. Svenska Vetenskapsakademi. Arkiv för botanik Band 9, Häfte 2—4; Band 10, Häfte 1. — Arkiv för zoologie Band 6, Häfte 3—4; Band 7, Häfte 1.

— Entomologiska Föreningen. Entomologiska Tidskrift. 1910. Årgang 31.

Stuttgart. Verein für Vaterländische Naturkunde. Jahreshefte 66. Jahrgang; mit Beilage: Mitteilungen der geologischen Abteilung des K. W. Statistischen Landesamts. No. 7.

Sydney. Australian Museum. Records. Vol. VIII, No. 1, 2. — Report of the Trustees for the year ended 30. June 1910.

— Royal Society of New South Wales. Journal and Proceedings. Vol. 43, Part. III, IV; Vol. 44, Part. I.

— Australian Association for the Advancement of Science. Report of the 12th meeting held at Brisbane 1909.

Tacubaya. Observatorio Astronómico Nacional. Anuario para el año 1911, Año 31.

Tiflis. Physikalisches Observatorium. Beobachtungen im Jahre 1899; desgl. 1900—1904.

Tokio. Zoological Society. Annotationes zoologicae japoneses. Vol. VII, Part. IV.

Trondhjem. K. Norske Videnskabs Selskab. Skrifter 1909.

Upsala. Universität. Bref och skrifvelser af och till C. von Linné. Första Afdelingen. Del. IV, V. — Till Kung. Vettenskaps Societeten i Upsala vid dess 200 Årsjubileum of Upsala Universitet den 19. November 1910.

— Geological Institution of University. Bulletin 1908—1909 Vol. IX No. 17—18; 1910—1911 Vol. X No. 19—20. — Index to Bulletin of the G. J. Vol. I—X (1893—1910), with an appendix containing list of exchanges.

Washington. Smithsonian Institution. Annual Report for the year ending June 30, 1907; desgl. 1909.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1908.

Wien. K. K. Geologische Reichsanstalt. Verhandlungen 1910 No. 2—18, 1911, No. 1—2. — Jahrbuch 1910, 60. Band 1.—3. Heft.

— K. Akademie der Wissenschaften. Anzeiger Jahrgang 1910, No. 13—20, 23, 25—27; Jahrg. 1911, No. 1—12.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen 23. Band, No. 3—4; 24. Band No. 1—2.

Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde. Jahrbücher, Jahrgang 63.

Würzburg. Physikalisch - Medizinische Gesellschaft. Sitzungsberichte 1909, No. 1—5; 1910, No. 1—5.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Vierteljahrsschrift. 55. Jahrgang 1910, 1. u. 2. Heft.

Zwickau. Verein für Naturkunde. 36.—39. Jahresbericht, 45.—48. Vereinsjahr 1906—1909.

B. Vom Verfasser:

Javet, Ch. Sur la morphologie de l'insecte. Limoges.

— Note sur la philogénèse de l'insecte. Rennes 1909.

— Sur l'ontogénèse de l'insecte. Limoges 1909.

— Sur la morphologie des membranes basales de l'insecte. Beauvais 1909.

— Sur la parthénogénèse arrhénotoque de la fourmi ouvrière. Beauvais 1909.

— Sur un nématode que se développe dans la tête la formica fusca. Beauvais 1909.

Vorstand
(1910/11)

Der Vorstand hat im Vereinsjahr 1910/11 bestanden aus den Herren:

1. Geh. Hofrat Prof. Dr. Lehmann, als Vorsitzendem.
2. Geh. Hofrat Prof. Dr. Bunte, als Stellvertreter des Vorsitzenden und Rechner.

3. Prof. Dr. Schultheiß, als Schriftführer, Redakteur und Bibliothekar.
4. Hofrat Dr. Doll.
5. Geh. Hofrat Dr. Haid.
6. Geh. Hofrat Treutlein.

In der Mitglieder-Hauptversammlung vom 30. Juni 1911 ist Herr Augenarzt Dr. Spuler als weiteres Vorstandsmitglied gewählt worden.

Bewegung unter den Mitgliedern.

Durch den Tod hat der Verein die Herren O. Bartning, der volle 22 Jahre das Amt des Rechners verwaltet hatte, Direktor a. D. Goffin, Privatdozent Dr. Hennings, Finanzminister Exzellenz Honsell, der vom Jahr 1885 an dem Vorstand angehört hatte, Apotheker Stein in Durlach, der sich durch seine Mitarbeit an dem Betrieb der Erdbebenstation in Durlach besonders verdient gemacht hatte, Rektor Vogt und Prof. a. D. Weiler verloren.

Ausgetreten sind, meist infolge von Wegzug, die Herren Diplomingenieur Beger, Lehramtspraktikant Dr. Burck, Finanzassessor Eisenlohr, Lehramtspraktikant Emmerich, Prof. Kappler, Buchhändler Kleinlein, Major a. D. Marschalck, Postrat v. Nordheim, Dr. Öttinger, cand. chem. Ruzicka, Ministerialrat Stoll, Diplomingenieur Strelin, Privatdozent Dr. Winkelmann, Prof. Dr. Wöhler.

Neu eingetreten sind die Herren: Chemiker Dr. Acker, Geh. Hofrat Dr. Dreßler. Oberst a. D. von Fiebig, Privatdozent Dr. G. Fuchs, Apotheker Ganzloser, Privatdozent Dr. Hallo, Privatdozent Dr. Henglein, Graf Konst. von Hennin, prakt. Arzt Dr. Huber, Bauinspektor Kohler, Lehramtspraktikant Leier, Maschineninspektor Leis, Reallehrer Dr. Merkel, Oberveterinär Meyer, Privatdozent Dr. Mohrmann, Prof. Nopper, Rittmeister von Racknitz, Prof. Dr. Roller, Vorsteher des Pädagogiums Schmidt, Diplomingenieur Schumann und Prof. Dr. Staus.

Am Schluß des Vereinsjahrs hat der Verein 269 Mitglieder gezählt.

Mitglieder-Verzeichnis

(nach dem Stand am 30. Juni 1911).

A. Ehrenvorsitzender:

Geheimerat Dr. K. Engler (1910).

B. Ehrenmitglied.

Geheimerat Dr. E. Wagner (1908).

C. Korrespondierendes Mitglied.

R. Temple, Schriftsteller in Budapest.

D. Mitglieder*.

Acker, Dr., Chemiker (1910).
Alberti, Dr., Augenarzt (1902).
Ammon, Dr. Otto, Schriftsteller (1883).
Arnold, Prof. Dr. Ém., Laboratoriumsvorstand an der chemisch-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt der Techn. Hochschule (1903).
Arnold, Eng., Geh. Hofrat, Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1895).
Asal, Ph., Prof. an der Oberrealschule (1909).
Askenasy, Prof. Dr. P., Privatdozent für technische Elektrochemie an der Techn. Hochschule (1909).
Auerbach, Prof. Dr., Kustos für Zoologie am Großh. Naturalienkabinett und Privatdozent an der Techn. Hochschule (1903).
Babo, Ferd., Freiherr von, Oberbaurat (1902).
Babo, Dr. Hugo, Freiherr von, Exzellenz, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts (1910).
Babo, Dr. Ludw., Freiherr von, prakt. Arzt (1906).
Bartning, Dr. Hans, Regierungsrat (1908).
Bartning, Dr. Herm., Amtsrichter in Pforzheim (1904).
Battlehner, Dr. Th., Bezirksassistenzarzt (1898).
Baumann, Dr., Badearzt in Baden-Baden (1906).
Beck, Dr., Prof. von, Direktor des Städt. Krankenhauses (1906).
Behm, O., Mechaniker (1889).
Benckiser, Dr. A., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).

---

* Die beigefügten Zahlen bedeuten das Jahr der Aufnahme.

Benckiser, Dr. W., Landgerichtsrat (1899).
Benoit, G., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1902).
Berberich, Dr. A., prakt. Arzt (1897).
Beutler, J., Regierungsbaumeister in Lauda (1907).
Bezold, Alb. von, Hauptmann (1908).
Bittmann, Dr. K., Oberregierungsrat, Vorstand der Fabrikinspektion (1906).
Bodman, H., Freiherr von, Exzellenz, Minister des Innern (1907).
Böhm, Dr. F., Exzellenz, Minister des Kultus und des Unterrichtes (1899).
Bongartz, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Bran, Dr. Fr. (1907).
Brauer, E., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Maschinenlehre an der Techn. Hochschule (1893).
Brian, Dr. E., Medizinalrat (1896).
Brodmann, Dr. K., Oberbliothekar der Techn. Hochschule (1908).
Buchmüller, Dr., prakt. Arzt (1905).
Bunte, Dr. H., Geheimerat, Professor der chemischen Technologie an der Techn. Hochschule (1888).
Bürgin, J., Obergeometer an der Techn. Hochschule (1894).
Buri, Theod., Professor an der Realschule in Meßkirch (1903).
Bußler, E., Oberst a. D. (1908).
Carl, Dr. Siegfr., Städt. Obertierarzt (1901).
Clauß, Dr. H. W., prakt. Arzt (1898).
Cramer, H., Professor am Realgymnasium (1903).
Deimling, Fr., Privatmann (1904).
Dieckhoff, Dr. E., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1880).
Dietzel, Dr. Adolf, in Pforzheim (1908).
Dinner, Dr. H., Professor am Realgymnasium (1904).
Doll, Dr. K., Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Döll, G., Medizinalrat (1875).
Dolletscheck, Ed., Ingenieur (1877).
Dörr J., Professor an der Realschule (1895).
Dreßler, Dr., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1910).
Dünckel, W., Chemiker (1909).
Eberle, Dr. G., Medizinalrat, Bezirksarzt (1904).

Eisendecher, K. von, Exzellenz, K. preuß. Gesandter (1906).
Eitel, Dr. K. H., Apotheker und Stadtrat (1897).
Eitner, Prof. Dr. P., Vorstand der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1901)
Elsas, M., Kaufmann (1906).
Engler, Dr. K., Geheimerat, Professor der Chemie an der Techn. Hochschule und Direktor des chemischen Instituts (1876).
Ens, K., Forstrat (1908).
Eppenich, H., Zivilingenieur (1902).
Fels, Forstrat (1908).
Fiebig, Rich. von, Oberst z. D. (1910).
Fikentscher, Tiermaler in Grötzingen (1904).
Fischbach, Dr. E., prakt. Arzt (1895).
Fischer, Otto, Hoflieferant (1901).
Föhlisch, Dr. E., Regierungsrat, Fabrikinspektor (1900).
Förderer, W., Zahnarzt (1905).
Frankenstein, Dr. W., Chemiker (1901).
Freydorf, Rud. von, Hauptmann (1908).
Fuchs, Dr. Gilbert, Privadozent für Zoologie an der Techn. Hochschule (1910).
Fuchs, Dr. Rud., Baurat (1904).
Galette, Arn., Bankdirektor (1904).
Ganzloser, Emil, Apotheker (1910).
Gau, E., Bankprokurist (1905).
Genter, Dr. Karl, prakt. Arzt (1902).
Gierke, Prof. Dr. Edg., Vorstand der Prosektur und des pathol.-bakteriologischen Instituts des städtischen Krankenhauses (1909).
Glockner, E., Exzellenz, Präsident der Oberrechnungskammer (1878).
Goedecker, E., Ingenieur in Frankfurt (1899).
Gräbener, L., Hofgartendirektor (1880).
Gräfenhan, Dr. P., Professor am Kadettenkorps (1897).
Grashof, R., Professor am Gymnasium (1895).
Graßmann, R., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1904).
Gretsch, Eug., Oberforstrat (1903).
Grund, Jul., Fabrikant (1904).
Gutmann, Dr. K., prakt. Arzt (1894).
Gutsch, Dr. L., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1895).

Haber, Dr. F., Professor der physikalischen Chemie an der Techn. Hochschule (1896).

Hafner, Fr., Oberregierungsrat im Ministerium des Innern (1886).

Haid, Dr. M., Geh. Hofrat, Professor der Geodäsie an der Techn. Hochschule (1882).

Hallo, Dr. H. S., Privadozent für Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1911).

Hammer, Dr. Bernh, Oberstabsarzt (1908).

Händel, Wilh., Rechtsanwalt (1905).

Hart, J., Geheimerat, Professor des Maschinenbaues an der Techn. Hochschule (1870).

Hauser, Dr. W., Obermedizinalrat (1898).

Hausrath, Dr. H., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1897).

Heintze, Dr. W., Geh. Legationsrat (1901).

Helbig, Dr. M., a. o. Professor für Bodenkunde an der Techn. Hochschule (1903).

Helbing, Dr. P., prakt. Arzt (1896).

Hellpach, Prof. Dr. W., Nervenarzt, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1906).

Hemberger, H., Oberbauinspektor in Baden (1904).

Henglein, Dr. Mart., Privatdozent für Mineralogie a. d. Techn. Hochschule (1910).

Hennin, Graf Constant. von, Hauptmann und Kammerherr (1911).

Henning, Dr.-Ing. Th., Kommerzienrat (1896).

Herzog, Dr. O., a. o. Professor für physiologische Chemie an der Techn. Hochschule (1907).

Heß, Wirkl. Geh. Oberpostrat und Oberpostdirektor a. D. (1901)

Hildebrandt, M., Geh. Oberfinanzrat (1881).

Hoffacker, K., Direktor der Kunstgewerbeschule (1905).

Hoffmann, Dr. H., Medizinalrat, prakt. Arzt (1881).

Hoffmann, K., Major a. D. (1897).

Holderer, Dr. J., Oberamtmann in Kehl (1905).

Holzmann, A., Regierungsrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1893).

Homburger, Dr. Th., prakt. Arzt (1899).

Höpfner, Friedr. jun., Kaufmann (1907).

Huber, Dr. Ernst, prakt. Arzt (1910).

Hutt, J., Zahnarzt (1904).

Jahraus, W., Buchhändler in Straßburg (1899).
Ihm, Dr. E., Frauenarzt (1907).
Joos, Oberingenieur, Großh. Maschineninspektor (1904).
Jourdan, Dr. J., prakt. Arzt (1894).
Just, Dr. Gerh., Privatdozent für phys. Chemie an der Techn. Hochschule (1903).
Kaiser, Dr. F., Medizinalrat (1889).
Kalkhof, Bernh., Geh. Baurat (1908).
Karle, M., Professor am Gymnasium (1897).
Kast, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1883).
Katz, Dr., Augenarzt (1905).
Klein, Dr. L., Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Techn. Hochschule (1895).
Klein, L., I. Assistent an der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1897).
Knauer, Leonh., Oberreallehrer (1902).
Kneucker, A., Hauptlehrer (1902).
Knittel, Dr. A., Buchdruckereibesitzer (1902).
Knittel, Dr. R., Verlagsbuchhändler (1895).
Kohler, Eug., Bauinspektor (1910).
Köhler, Alb., Forstmeister in Bruchsal (1903).
Kohlhepp, Fr., Veterinärrat (1886).
Kors, A. van der, Bankdirektor (1890).
Krack, Oberveterinär (1910).
Krems, Dr. K., Geheimerat, Direktor des Wasser- und Straßenbaues (1907).
Kreßmann, A. Th., Major a. D. (1875).
Krieger, Dr. M., prakt. Arzt in Königsbach (1904).
Kronstein, Dr. A., Chemiker (1896).
Krumm, Dr. F., Spezialarzt für Chirurgie (1897).
Künkel, K., Schulkommissär in Mannheim (1902).
Kux, Dr. H., Chemiker (1899).
Lang, Dr. A., Professor am Realgymnasium (1897).
Lay, Dr. Aug., Seminarlehrer (1903).
Lehmann, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Physik an der Techn. Hochschule (1890).
Leier, Friedr., Lehramtspraktikant (1911).
Leis, Maschineninspektor (1910).

Leutz, H., Professor am Realgymnasium (1896).
Levinger, Dr. F., prakt. Arzt (1895).
Loës, H., Rechtsanwalt (1908).
Lorenz, Dr.-Ing. W., Kommerzienrat (1879).
Mandelbaum, A., Ingenieur (1906).
Massinger, R., Professor an der Oberrealschule (1894).
May, Dr. W., a. o. Professor für Zoologie an der Techn. Hochschule (1899).
Mayer, Paul, Prof. am Realgymnasium (1904).
Mayer, Rud., Photograph (1893).
Mayerhöffer, Ed., Geh. Oberforstrat (1908).
Meeß, Ad., Privatmann und Stadtrat (1899).
Merkel, Dr. E., Reallehrer (1911).
Merton, Gutsbesitzer, Rittnerthaus bei Durlach (1908)
Meyer, Rud., Oberveterinär (1911).
Millas, K. de, Ingenieur (1893).
Mohrmann, Dr., Privadozent für Mathematik an der Techn. Hochschule (1911).
Molitor, Dr. E., prakt. Arzt (1894).
Müller, Dr. Eb., Laboratoriumsvorstand der chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt (1906).
Müller, Dr. L., Medizinalrat, prakt. Arzt (1896).
Müller, Dr. U., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1893).
Muth, Dr., Oppenheim (1902).
Näher, R., Baurat (1893).
Naumann, Er., Bergrat (1904).
Nesselhauf, R., Bauinspektor in Rastatt (1906).
Netz, F., prakt. Arzt (1893).
Neumann, Dr. M., prakt. Arzt (1901).
Nied, Professor am Lehrerseminar II (1910).
Nopper, Herm., Professor am Mädchengymnasium (1910).
Nüßlin, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Zoologie an der Techn. Hochschule (1878).
Oechelhaeuser, Dr. A. von, Geh. Hofrat, Professor der Kunstgeschichte an der Techn. Hochschule (1898).
Oehmichen, H., Fabrikant (1904).
Ompteda, Lud., Freiherr von, Generalmajor (1909).
Oppenheimer, Sal., Rechtsanwalt (1907).

Ordenstein, H., Hofrat, Direktor des Konservatoriums (1903).
Pahlen, Baron Arend von der, Diplomingenieur (1908).
Paravicini, Dr. R., Regierungsrat, Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern (1903).
Paulcke, W., Professor für Mineralogie und Geologie an der Techn. Hochschule (1905).
Paull, Dr. H., prakt. Arzt (1898).
Pertz, Dr. Art., Spezialarzt für Chirurgie (1908).
Peter, W., Architekt (1903).
Pezoldt, O., Buchhändler (1903).
Pfützner, H., Geh. Hofrat, Prof. für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Techn. Hochschule (1908).
Pleger, H., Oberleutnant (1908).
Racknitz, Freiherr von, Rittmeister (1910).
Rebmann, E., Geh. Hofrat, Direktor des Realgymnasiums (1902).
Rehbock, Th., Oberbaurat, Professor des Wasserbaues an der Techn. Hochschule (1900).
Reichard, Fr., Stadtbaurat a. D. (1892).
Reinach, M. Geh. Finanzrat (1907).
Reinfurth, Th., Schulkommissär (1903).
Renz, Aug., Kaufmann in Durlach (1908).
Resch, Dr. A., prakt. Arzt (1888).
Richter, Prof. Dr. M., Fabrikdirektor (1903).
Riehm, Ph., Verbandsdirektor (1903).
Riffel, Dr. A., prakt. Arzt, a. o. Professor für Hygiene an der Techn. Hochschule (1876).
Risse, Dr. H., prakt. Arzt (1899).
Röder von Diersburg, Freiherr, Oberst z. D. und Kammerherr (1901).
Roller, Prof. Dr., wiss. Hilfsarbeiter am Münzkabinet (1911).
Rösch, Dr. Friedr., Direktor der Turnlehrerbildungsanstalt (1908).
Rosenberg, Dr. M., prakt. Arzt (1898).
Roth, Dr. K., prakt. Arzt (1897).
Rothacker, H., Prof. am Gymnasium (1908).
Rupp, G., Professor, Vorstand der Großh. Lebensmittelprüfungsstation (1899).
Sachs, W., Kaufmann (1904).
Sandel, Dr. K., Chemiker (1909).
Sanden, Konr. von, Oberst a. D. (1908).

Scheele, Apotheker (1908).

Schellenberg, R., Geh. Finanzrat, Ministerialdirektor im Finanzministerium (1899).

Scheurer, K, Hofmechaniker und Optiker (1877).

Schiller, Dr. Arn., prakt. Arzt (1909).

Schleiermacher, Dr. A., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule (1881).

Schmidle, W., Direktor der Oberrealschule in Konstanz (1908).

Schmidt, Fr., Professor der wissenschaftlichen Photographie an der Techn. Hochschule (1892).

Schmidt, W., Vorsteher des Pädagogiums (1910).

Schoch, C. Fr., Apotheker (1907).

Scholtz, K., Oberstabsveterinär (1905).

Schultheiß, Professor Dr. Ch., Großh. Meteorolog und Dozent an der Techn. Hochschule (1886).

Schumann, W., Diplomingenieur (1910).

Schuster, Fr., Oberstleutnant a. D. (1905).

Schwab, Dr. Th., prakt. Arzt (1905).

Schwarzmann, Professor Dr. M., Privatdozent für Mineralogie an der Techn. Hochschule und Vorstand der mineral.-geolog. Abteilung des Naturalienkabinettes (1901).

Siefert, X., Geh. Oberforstrat, Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1895).

Sieveking, Dr. H., a. o. Professor für Physik an der Techn. Hochschule (1902).

Skita, Dr. A., a. o. Professor für Chemie an der Techn. Hochschule (1905).

Sprenger, A. E., Geh. Oberregierungsrat (1878).

Spuler, Dr. A., a. o. Professor der Anatomie in Erlangen (1897).

Spuler, Dr. R., Augenarzt (1903).

Stark, F., Professor an der Oberrealschule (1895).

Staudinger, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1907).

Stauß, Professor Dr. Ant., Betriebsl. Ingenieur an der Techn. Hochschule (1910).

Steiner, Dr. A., prakt. Arzt (1896).

Steinkopf, Dr. W., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1909).

Sternberg, Dr. H., prakt. Arzt (1897).

Steude, Dr. M., Chemiker und Redakteur (1896).
Stöbe, Lehramtspraktikant (1909).
Stoll, Dr. Herm., Oberförster in Todtnau (1902).
Ströbe, Dr. F., Hofapotheker (1905).
Stutz, Ludw., Großh. Vermessungsinspektor (1905).
Teichmüller, Dr. J., a. o. Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1899).
Thilo, Fr., Forstrat (1908).
Thürach, Dr. H., Bergrat, Landesgeolog in Freiburg (1908).
Tolle, M., Hofrat, Privatdozent für Maschinenbau an der Techn. Hochschule (1906).
Treutlein, P., Geh. Hofrat, Direktor der Goetheschule (1875).
Troß, Dr. O., Hofrat, prakt. Arzt (1893).
Türk, W., Dipl. Ing. in Heidelberg (1909).
Vogel, Dr. Jul., Chemiker (1904).
Vogt, Dr. W., Privatdozent für darstell. Geometrie an der Techn. Hochschule (1908).
Volz, H., Professor an der Akademie der bildenden Künste (1892).
Wagner, Dr. E., Geheimerat, Konservator der Altertümer (**1864**).
Wagner, G., Privatmann in Achern (1876).
Wagner, Leop., Prokurist (1899).
Wallenberg, A. von, Generalmajor z. D. (1903).
Williard, A., Baurat a. D. und Stadtrat (1895).
Wilser, Dr. L., in Heidelberg (1881).
Wimmer, Dr. Em., Forstamtmann, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1904).
Wohnlich, Dr. Em., Assistent a. d. Lebensmittelprüfungsstation (1909).
Wunderlich, Dr. H., Hofrat, prakt. Arzt (1896).
Zartmann, Dr. F., Privatmann (1899).
Ziegler, A., Geh. Hofrat (1903).
Ziegler, Dr. V., prakt. Arzt (1899).

Satzungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins zu Karlsruhe

nach dem Beschluß der Mitglieder-Hauptversammlung
am 1. Juni 1900.

I. Name, Sitz und Zweck des Vereins.

§ 1.

Der Verein führt den Namen »Naturwissenschaftlicher Verein zu Karlsruhe« und ist in das Vereinsregister eingetragen.

Der Sitz des Vereines ist Karlsruhe.

Durch Eintragung in das Vereinsregister des Amtsgerichtes Karlsruhe hat der Verein die Rechtsfähigkeit erlangt.

Der Verein hat den Zweck, das Interesse für das Studium der Naturwissenschaften mit Einschluß der Medizin und mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse des badischen Landes zu wecken und zu fördern, indem er Gelegenheit bietet, die Resultate eigener oder fremder Arbeiten über Gegenstände aus diesem Gebiet öffentlich mitzuteilen und Besprechung derselben zu veranlassen.

§ 2.

Der Verein hält mit Vorträgen verbundene Sitzungen und veröffentlicht nach Maßgabe des vorhandenen Materials die Sitzungsberichte nebst den von den Verfassern ihm überlassenen Abhandlungen in seiner Zeitschrift.

Die Sitzungsberichte werden jeweils vor den folgenden Sitzungen auch durch öffentliche Blätter mitgeteilt.

II. Mitgliedschaft.

§ 3.

Mitglieder können alle gebildeten und selbständigen Personen werden, welche sich für den Vereinszweck interessieren.

Die Aufnahme erfolgt nach Anmeldung beim Vorstand des Vereins durch Mehrheitsbeschluß.

Der Austritt ist dem Vorstand schriftlich anzuzeigen.

§ 4.

Durch Ernennung von Ehrenmitgliedern kann der Verein solchen Männern seine Anerkennung bezeugen, welche sich durch hervorragende Leistungen um die Wissenschaft verdient gemacht oder die Zwecke des Vereins tätig gefördert haben.

Der Antrag auf solche Ernennung, welcher von wenigstens 3 Mitgliedern ausgehen muß, ist dem Vorstand mitzuteilen und von diesem spätestens in der zweitfolgenden Sitzung bekannt zu machen. Die Abstimmung darüber findet in der hierauf folgenden Sitzung statt, wobei eine Mehrheit von $^2/_3$ der anwesenden Mitglieder zur Annahme des Antrages erfordert wird.

III. Vorstand.

§ 5.

An der Spitze des Vereines steht ein Vorstand, bestehend aus einem Vorsitzenden, einem stellvertretenden Vorsitzenden, zwei Schriftführern, einem Kassier und zwei weiteren Mitgliedern.

Ein Vorstandsmitglied übernimmt das Amt des Bibliothekars. Derselbe sorgt insbesondere für die Erhaltung und geordnete Aufbewahrung der Publikationen anderer Vereine, mit welchen der Naturwissenschaftliche Verein zu Karlsruhe im Schriftenaustausch steht, und für die leichte Benutzbarkeit derselben seitens der Vereinsmitglieder.

Der Vorsitzende des Vereines und bei seiner Verhinderung dessen Stellvertreter vertritt allein den Verein nach außen in allen gerichtlichen und außergerichtlichen Angelegenheiten.

§ 6.

Die Vorstandsmitglieder werden aus den in Karlsruhe wohnenden Vereinsmitgliedern von der Mitglieder-Hauptversammlung alle zwei Jahre durch Stimmenmehrheit gewählt.

Die Bestellung eines Vorstandsmitgliedes ist nur aus wichtigen Gründen widerruflich. Über den Widerruf entscheidet die Mitglieder-Hauptversammlung.

§ 7.

Der Beratung des Vorstandes unterliegen alle Gegenstände von allgemeinem Vereinsinteresse, insbesondere die Verwendung der Geldbeiträge der Mitglieder und etwaiger sonstiger Einnahmen, die Aufstellung des jährlichen Voranschlages, der Inhalt der auszugebenden Hefte der Zeitschrift, überhaupt die literarische Tätigkeit des Vereins, sowie die Erwerbung literarischer und sonstiger die Vereinszwecke fördernder Hilfsmittel.

Zur Beschlußfassung über diese Angelegenheiten ist der Vorstand insoweit berechtigt, als nicht die Satzungen anderweitige Bestimmung treffen.

§ 8.

Der Vorsitzende oder in Verhinderungsfällen sein Stellvertreter präsidiert bei den Beratungen des Vorstandes und bei den Vereinssitzungen. Er sorgt für die Vollziehung der Beschlüsse und unterzeichnet alle dahin einschlagenden Ausfertigungen, sowie die Anweisungen auf die Kasse.

§ 9.

Die Schriftführer führen in den Sitzungen des Vorstandes und des Vereins das Protokoll, fertigen die Beschlüsse aus und legen sie dem Vorsitzenden zur Unterschrift vor. Sie besorgen die Korrespondenz mit auswärtigen Mitgliedern und Vereinen sowie die Redaktion der Zeitschrift.

§ 10.

Der Kassier verwaltet das Vereinsvermögen, übernimmt die Erhebung der Mitgliederbeiträge und sonstiger Einnahmen und leistet die Zahlungen auf Anweisung des Vorsitzenden.

Mit Ablauf eines Vereinsjahres stellt er die Rechnung, welche mit den Belegen der Prüfung der übrigen Vorstandsmitglieder unterliegt.

Der Vorstand ist verpflichtet, jährlich einmal einen Kassen- und Vermögenssturz beim Kassier vorzunehmen.

IV. Rechte und Pflichten der Mitglieder.

§ 11.

Die Mitglieder haben das Recht, den Versammlungen des Vereins beizuwohnen, und erhalten die Veröffentlichungen des Vereins ohne besondere Vergütung.

§ 12.

Der jährliche Beitrag beträgt 5 Mark[1]. Er wird im letzten Quartal eines Vereinsjahres erhoben und ist auch für das Jahr des Ein- oder Austrittes zu entrichten.

§ 13.

Die Verfasser von Abhandlungen, welche in die Hefte der Zeitschrift aufgenommen wurden, erhalten 100 Sonderabzüge derselben gratis. Weitere Bewilligungen erfordern Beschluß des Vorstandes.

V. Versammlung.

§ 14.

Die Sitzungen des Vereins finden in der Regel alle zwei Wochen an einem vom Verein festgesetzten Wochentag abends statt mit Ausnahme der Ferienzeiten an den höheren Lehranstalten in Karlsruhe.

§ 15.

Die Sitzungen werden den Mitgliedern auf direktem Weg mit Angabe der Tagesordnung, insoweit dieselbe festgestellt ist, rechtzeitig angezeigt. Sie finden in einem reservierten Saal eines Wirtslokales statt, sofern nicht durch größere Hilfsmittel erfordernde Demonstrationen die Verlegung in ein anderes Lokal geboten erscheint.

---

[1] In der Mitglieder-Hauptversammlung vom 13. Mai 1904 auf 6 Mark erhöht.

§ 16.

Dem Vorsitzenden, welcher die Sitzungen eröffnet und schließt und die Verhandlungen leitet, sind der Regel nach die zu haltenden Vorträge und zu machenden Mitteilungen und zwar möglichst frühzeitig anzumelden. Nach Erledigung der darnach festgestellten Tagesordnung wird zu kleineren Mitteilungen, aufzuwerfenden Fragen usw. das Wort erteilt.

In allen Fällen wird ein möglichst eingehender Meinungsaustausch angestrebt.

§ 17.

Der Beschlußfassung, bezw. in dringenden Fällen der nachträglichen Gutheißung durch eine Versammlung, unterliegen alle Anordnungen, welche die Rechte und Verbindlichkeiten des Vereins betreffen, sowie außergewöhnliche, d. h. solche Ausgaben, welche nicht, wie Lokalmiete, Ausgaben, für die Zeitschrift, Anzeigegebühren, Porto usw., periodisch wiederkehrend, durch den genehmigten Kostenanschlag vorgesehen oder überhaupt durch den Vereinszweck notwendig bedingt sind.

§ 18.

Zu Ende jedes Vereinsjahrs, in der Regel als letzte Sitzung desselben, findet eine Mitglieder-Hauptversammlung statt. In derselben wird von einem der Schriftführer über die Wirksamkeit und die Personaländerungen des Vereins Bericht erstattet, vom Kassier gemäß vorheriger Prüfung durch den Vorstand (§ 10) die Rechnung über das ablaufende und der Voranschlag für das folgende Vereinsjahr vorgelegt.

In jeder zweiten regelmäßigen Mitglieder-Hauptversammlung findet gemäß § 6 die Neuwahl des Vorstandes statt.

§ 19.

Die Mitglieder-Hauptversammlungen sind vorzugsweise der Prüfung von Einrichtungen und Gewohnheiten des Vereins gewidmet, und zwar auf Anregung nicht nur des Vorstandes, sondern auch jedes einzelnen Mitgliedes.

Abänderungen der Satzungen können nur in einer Mitglieder-Hauptversammlung durch absolute Stimmenmehrheit der anwesenden Vereinsmitglieder beschlossen werden. Die darauf abzielenden

Anträge müssen vorher dem Vorstand mitgeteilt und von diesem zur Kenntnis der Mitglieder gebracht worden sein.

§ 20.

Außerordentliche Mitglieder-Hauptversammlungen sind vom Vorsitzenden auf Beschluß des Vorstandes oder auf den schriftlich motivierten Antrag von 10 Mitgliedern zu berufen.

§ 21.

Ein Antrag auf Auflösung des Vereins erfordert nach Vorberatung in einer Mitglieder-Hauptversammlung schriftliche Abstimmung und zur Annahme die zustimmende Mehrheit von 3/4 aller Vereinsmitglieder.

VI. Allgemeine Bestimmungen.

§ 22.

Das Vereinsjahr beginnt jeweils mit dem 9. April als dem Stiftungstag des Vereins.

§ 23.

Insoweit das Vermögen des Naturwissenschaftlichen Vereins von einer Schenkung des früheren Vereins für wissenschaftliche Belehrung herrührt, ist es gemäß den Bestimmungen der Schenkungsurkunde im Grundstocke von 3962 M. 78 Pf. (2313 fl. 7 kr.) unantastbar.

§ 24.

Sollte der Verein aufgelöst oder in ferner liegende Zwecke übergeführt werden, so bleibt das Vermögen zinstragend deponiert, bis ein gleicher oder ähnlicher Verein wieder entsteht. Die näheren Bestimmungen darüber trifft die letzte Mitglieder-Hauptversammlung.

Sitzungsberichte.

(Autoren-Referate.)

718. Sitzung am 15. Juli 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr W. Schmidt, Vorsteher des Pädagogiums.

Die Sitzung begann mit einer allseitig freudig begrüßten Ehrung des Herrn Geh. Rat Engler, welcher 14 Jahre hindurch den Verein geleitet und ihn zu nie dagewesener Blüte gebracht hat. In Anerkennung seiner großen Verdienste und als Zeichen herzlichen Dankes hat der Vereinsvorstand einstimmig beschlossen, Herrn Engler zum „Ehrenvorsitzenden" vorzuschlagen.

Nachdem die Versammlung durch Erheben von den Sitzen ihre Zustimmung zu diesem Vorschlag und der dargelegten Begründung mit besonderem sonst nicht üblichen Nachdruck kundgegeben hatte, richtete der gegenwärtige Vorsitzende Herr Geh. Hofrat Lehmann unter Betonung der Freude, Herrn Geh. Rat Engler nunmehr als „Ehrenvorsitzenden" ansprechen zu dürfen, an diesen die Bitte, wenigstens in außergewöhnlichen und schwierigen Fällen wie bisher dem Verein mit seinem wertvollen Rat und seiner Erfahrung Beistand leisten zu wollen.

Geh. Rat Engler sprach in warmen Worten seinen Dank für diese hohe Ehrung aus mit der Versicherung, dem Verein auch fernerhin so viel in seinen Kräften stehe, dienlich zu sein, zugleich aber auch mit dem Ausdruck der Überzeugung, daß derselbe unter der Führung des neugewählten Vorsitzenden, des Herrn Geh. Hofrat Lehmann, einer gedeihlichen Entwicklung entgegengehe. Darauf gedachte er des verstorbenen Vereinsmitgliedes Finanzminister Max Honsell, der in früheren Jahren

sich ebensowohl durch Vorträge aus seinem Wissensgebiete der Hydrographie und des Wasserbaues, als auch als langjähriges Vorstandsmitglied bis zu der Zeit, da er von schwerer Krankheit ergriffen wurde, um die Entwicklung des Vereins ganz besonders bei Übernahme neuer Aufgaben große und bleibende Verdienste erworben hat. An den Ufern des Bodensees geboren, war sein Blick in jungen Jahren auf dessen weite Flächen und auf das Spiel seiner Wellen gerichtet, und er hat es später, bei einer außergewöhnlichen Gabe der Naturbeobachtung, in seltenem Grade verstanden, die natürlichen Wasserläufe in ihren Beziehungen zur Meteorologie, Geologie und Topographie klarzustellen und sie mit Hilfe der Ingenieurkunst in ihr Bett zu dämmen, aber auch ihre Triebkraft und Tragkraft für Industrie und Schiffahrt, ihre netzende Wirkung für die Landwirtschaft zu verwerten. Später zu einer höheren Aufgabe, der Staatsverwaltung, berufen, hat er auch da zielbewußt mit sicherer und starker Hand eingegriffen und war in voller Arbeit, den über die Ufer getretenen Strom der badischen Finanzwirtschaft wieder in geordnete Bahnen zu lenken, als ihn der Tod ereilte, ein kaum zu ersetzender Verlust für unser engeres Heimatland in ernster Zeit. Zu seinem ehrenden Andenken erhoben sich die Anwesenden von ihren Sitzen.

Hierauf hielt Professor Dr. Paulcke einen Vortrag „über neue geologische Forschungen in den Alpen“, die Ergebnisse seiner eigenen langjährigen Forschungsarbeit im Gebiete des sogenannten Unterengadiner Fensters, welches zwischen Oetztaler Alpen, Ferval und Silvrettagruppe eingeschlossen wird. Gegenüber älteren abweichenden Meinungen ist es dem Vortragenden gelungen, außer Trias und Juragesteinen (mit reichlichen Fossilfunden) vor allem auch Kreide und Tertiär durch Leitfossilfunde sicher zu stellen. Die in dieser Alpengegend überaus komplizierten Lagerungsverhältnisse fügen sich jetzt zwanglos in den Rahmen der sogenannten Deckentheorie ein, welche Überschichtungen mehrerer Decken annimmt und zwar Faltenüberschichtungen von ungeheuerem Ausmaß. Vier solcher übereinanderliegenden Decken konnte der Vortragende im Antirhätikon nachweisen, von denen die oberste, die sogenannte ostalpine Decke (Silvretta, Oetztaler Alpen, Ferwall) besonders deutlich auch für den Laien ins Auge fällt. Sie besteht vorwie-

gend aus Gneisen, auf denen die Trias der nördlichen Kalkalpen ruht, und unter denen, stark ausgequetscht durch den Überschiebungsvorgang, ebenfalls Trias liegt. Der Gesamtkomplex dieser Decke ruht überschoben auf jüngsten (tertiären usw.) Schiefern tieferer Decken.

Besonders schön läßt sich die Überschiebung im Gebiet des Fluchthorns nachweisen, welches selbst durchaus „wurzellos" auf diesen jüngsten Bildungen „schwimmt". Bis weit gegen das Jamtal reichen diese jungen Schiefer unter die Silvretta hinunter und erst bei Klosters im Prätigau kommen sie wieder unter diesem mächtigen Gebirgsstock hervor. Die Gneisdecke des Oetztales, des Ferwall und der Silvretta war einst eine zusammenhängende Gneismasse, in welche in der Unterengadiner Gegend erosive Vorgänge so starke Abtragungen schufen, daß man jetzt, wie durch ein Fenster auf die tiefer liegenden jüngeren Massen, über welche die ostalpine Decke geschoben wurde, hinabsehen kann.

Auf die Erosionsphase, nach der Überfaltung, folgte dann noch eine neue Faltungsepoche, welche den Bau des Gebirgs in vielen Einzelheiten stark komplizierte. Am Schlusse berichtete der Vortragende noch über eine wichtige geologische Entdeckung in den sogenannten „Zwischenbildungen" bei Innertkirchen in der Schweiz. Hier gelang es ihm gelegentlich einer kürzlich unternommenen geologischen Exkursion mit Studierenden der Technischen Hochschule mit Hilfe der Exkursionsteilnehmer zum ersten Mal in bisher allgemein in der ganzen Schweiz als versteinerungsleer geltenden Schichten eine Serie von Versteinerungen zu finden, welche triadisches Alter für diese Schichten sicher stellten, während man bisher nicht sicher war, ob Trias oder Perm vorläge. Die Fossilen deuten darauf hin, daß hier Muschelkalk vorliegt, welcher die engsten Beziehungen zum Muschelkalk Deutschlands aufweist.

Nach Beendigung des mit Vorführung zahlreicher Lichtbilder begleiteten, mit lebhaftem Beifall aufgenommenen Vortrags legte Herr Geh. Hofrat H a i d noch einige Aufzeichnungen der Erdbebenwarte in Durlach vor, aus welchen hervorgeht, daß bei Erdbeben deutliche, wenn auch geringe b l e i b e n d e Änderungen der Neigung des Bodens in der Rheinebene entstehen, welche auf Verschiebungen in der Erdkruste beruhen dürften.

719. Sitzung am 21. Oktober 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 33 Mitglieder und 2 Gäste.
Neu aufgenommene Mitglieder: Die Herren Privatdozenten Dr. G. Fuchs und Dr. Henglein; Rittmeister v. Racknitz.

Der Vorsitzende, Herr Geh. Hofrat Lehmann, teilte mit, daß der Verein dem Großherzogspaar zur Feier seiner silbernen Hochzeit eine Festschrift, die Arbeiten der Herren Honsell, Haber, Paulcke, Lehmann, Welter, Schwarzmann und Wilser enthalte, gewidmet habe; die Festschrift werde auch im 23. Band der Vereinsverhandlungen erscheinen. Um den Mitgliedern einen Überblick über alle neuen Forschungen auf dem Gebiet der Naturwissenschaften zu ermöglichen, sollen künftig jeweils auf Veranlassung des Vorsitzenden kleinere Referate über die in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften enthaltenen wichtigeren Arbeiten gegeben werden.

Herr Prof. Dr. May hielt darauf einen Vortrag über die kanarische Insel La Palma, die er im März 1908 besuchte. La Palma ist von birnförmiger Gestalt, 46 km lang, 27 km breit und erhebt sich in dem Roque de los muchachos 2400 m über dem Meeresspiegel. Ihr breiterer nördlicher Teil umschließt das tiefste vulkanische Kesseltal der Erde, die Caldera de Taburiente, die der Insel ihre touristische und geologische Berühmtheit verschafft hat. Die Bewohner La Palmas, deren Zahl gegen 42000 beträgt, verteilen sich auf zwei Städte und etwa 70 Dörfer und sind ein ziemlich gewerbfleißiges Völkchen. Besonders blüht die Tabak- und Zigarrenindustrie, ferner werden Seide und Flachs gebaut und wie die einheimische Schafwolle im Land selbst verarbeitet. Aus dem Holz der Maulbeerbäume werden kleine Fäßchen verfertigt, in denen die Palmenser Wasser oder Wein auf ihren Reisen mitnehmen. Dazu kommen hübsche Knüpfarbeiten aus Leinengarn und Flechtarbeiten aus Stroh und Gräsern. Charakteristische Trachten findet man nur noch in den abgelegenen Teilen der Insel.

Die Hauptstadt La Palmas, Sa Cruz, zählt etwa 7000 Einwohner. Ihre Straßen sind eng und mit von der Brandung abgerundeten Rollsteinen gepflastert. Gebäude von besonderem architektonischem Werte finden wir nicht, etwa von dem Rathaus mit seiner reich verzierten Bogenfassade aus dem 16. Jahrhundert abgesehen. Neben der Hauptkirche steht ein kleines naturhisto-

risches Museum, und in der Mitte der Stadt erhebt sich ein kreisförmiges Gebäude, in dem Hahnenkämpfe abgehalten werden. Am nördlichen Ende der Stadt steht ein großes steinernes Schiff, das alle fünf Jahre bei einer großen religiösen Festlichkeit aufgetakelt wird.

Sa Cruz liegt in einer muldenförmigen Einsenkung zwischen hohen Bergen, die durch ungleichmäßige vulkanische Aufschüttung entstanden ist. Südlich davon befinden sich die Reste eines alten Tuffkraters, von dem nur die westliche Umwallung stehen geblieben ist, während die östliche durch die Einwirkung der Brandung und der Niederschläge zerstört wurde. In diesem Krater führt eine Landstraße in Schlangenwindungen aufwärts bis Buenavista, von wo sie längs der Ostküste über Mazo bis zu dem südlichsten Orte Fuencaliente verläuft, um dort umzubiegen und sich längs der Westküste nach Norden bis Las Manchas zu erstrecken, wo sie vorläufig endet. Etwa bis Mazo ist die Straße mit Eukalyptusbäumen bepflanzt, dann wird die Gegend ziemlich kahl, und man überschaut ein weites, nach dem Meere zu sanft abgedachtes Gelände, das hauptsächlich mit Wolfsmilchbäumchen bewachsen ist. Vier Stunden südlich von Mazo passiert die Straße einen ungeheuren nackten Lavastrom jüngeren Ursprungs, dessen Oberfläche einer im Sturme erstarrten See gleicht. Noch weiter südlich ist die Lava mit prachtvollem Kiefernwald bedeckt. Die kanarische Kiefer ist eine besondere Spezies, die nur auf den Kanaren vorkommt und ihre nächsten Verwandten in Nordamerika und Mexiko besitzt. Sie gehört zu den zahlreichen tertiären Relikten der kanarischen Inseln und wurde wahrscheinlich aus dem pliocänen Walde Südeuropas nach den Kanaren gebracht. Als Vermittler der Verbreitung sind zwei Standvögel des kanarischen Kiefernwaldes anzusprechen, der große Buntspecht und der Teydefink.

Nach Durchwanderung des Kiefernwaldes erreicht man Fuencaliente, das seinen Namen von einer heißen Quelle erhalten hat, die hier früher existierte, bei den vulkanischen Ausbrüchen 1677/78 aber vollständig verschüttet wurde. Gleichzeitig wurde in der Nähe der Südspitze ein kleiner, etwa 700 m hoher Vulkan aufgeworfen, der jetzt noch in seiner ursprünglichen Gestalt vorhanden ist und einen gegen 100 m tiefen Krater mit spärlicher Vegetation besitzt. Von Fuencaliente führt die Straße nordwärts

zunächst durch schönen Kiefernwald und dann über neuere kahle Lavaströme, die höchstens mit grauen Strauchflechten bewachsen sind, nach Las Manchas, von wo ein steiniger Maultierpfad nach Los Ljanos, dem Hauptort des Ariadnetales, verläuft.

Los Ljanos bildet den Ausgangspunkt für den Besuch der Caldera. Dieses gewaltige Kesseltal wird von einem Bergkranz eingeschlossen, der sich rund 2000 m über den Meeresspiegel erhebt und auf drei Seiten, im Norden, Osten und Westen vollständig geschlossen ist, während er im Süden zwei Unterbrechungen zeigt: einen Einschnitt von 1300 m Meereshöhe, die sog. Cumbrecita, und die Mündung einer gewaltigen Schlucht, des Barranco de las Angustias. Dies sind die beiden einzigen Stellen, an denen die Caldera zugänglich ist. In den Wänden des Kessels sind zwei Formationen von verschiedener petrographischer Beschaffenheit und verschiedenem geologischem Alter entblößt, deren Gesteine zuerst von Reiß beschrieben wurden, dessen Resultate neuerdings Gagel in allen wesentlichen Punkten bestätigte. Die untere Formation, das sog. Grundgebirge besteht hauptsächlich aus Diabasen und ist viel älter als die aus trachydolerischen Tuff- und Schlackenmassen zusammengesetzte obere Formation, das sog. Deckgebirge. An zwei weit auseinanderliegenden Perioden haben hier an demselben Orte heftige vulkanische Eruptionen stattgefunden, und die Gesteine der beiden Perioden stammen nach Gagels Untersuchungen aus demselben ursprünglichen Magma.

Über die Entstehung der Caldera sind im Laufe der Zeit sehr verschiedene Theorien von den Geologen aufgestellt worden. Leopold v. Buch betrachtete sie als den Typus eines Erhebungskraters, eine Auffassung, die sich nicht zu behaupten vermochte. Lyell nahm an, daß die Caldera ursprünglich den Krater eines vulkanischen Kegels bildete, der durch Einsturz und marine Erosion erweitert wurde. Nach Reiß stellte das Calderagebirge keinen Kegel, sondern einen Dom dar, in dessen plateauartigen Rücken die Caldera durch fluviatile Erosion eingewaschen wurde. Diese Theorie ist durch spätere Forschungen, besonders auch durch die neuesten Gagels bestätigt worden, und man betrachtet jetzt die Caldera als ein ungeheueres Erosionstal, das durch die Auswaschung von seiten der Bäche entstand. An der Bildung des Barranco de las Angustias scheint aber auch das Meer einen gewissen Anteil gehabt zu haben.

Von Los Ljanos führt ein Maultierpfad über die 1400 m hohe Cumbre nueva nach Sa Cruz. Die trockene Westseite der Cumbre ist mit schönem Kiefernwald, die feuchte Ostseite mit Lorbeerwald bedeckt, der hauptsächlich aus dem Tilbaum zusammengesetzt ist, einem Relikt aus der Tertiärzeit. In den Kronen dieses Baumes lebt die Lorbeertaube, die wahrscheinlich den Transport der Samen von dem pliocänen Südeuropa nach den Kanaren besorgte. Ein anderer Charaktervogel des Lorbeerwaldes ist der unserem Buchfinken ähnliche Tintillonfink. Sehr häufig sind auf La Palma auch die Alpendohle und der Turmfalk. Jene kommt nur auf La Palma und nicht auf den anderen Inseln vor, während der Turmfalk sich sogar in den baumlosen Wüsteneien Fuerteventuras vorfindet. Das isolierte Vorkommen der Alpendohle auf La Palma ist noch unerklärt und gehört zu den vielen tiergeographischen Problemen, die die Inselfaunen darbieten.

In der an den Vortrag sich anschließenden Besprechung wurde noch etwas weiter auf die Theorien eingegangen, die zur Erklärung der Bildung der Caldera aufgestellt worden sind.

720. Sitzung am 4. November 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 44 Mitglieder und 2 Gäste.
Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Maschineninspektor Leis.

Herr Privatdozent Dr. Sieveking berichtete zunächst über die Darstellung des reinen metallischen Radiums durch Frau S. Curie. Die angewandte Methode ist die sog. Guntzsche und besteht in der elektrolytischen Darstellung des Radiumamalgams. Zur Verarbeitung kam ungefähr ein Zehntel Gramm. Das nach dem Abdestillieren des Quecksilbers zurückbleibende Radium ist silberglänzend, zersetzt Wasser, verbindet sich mit dem Stickstoff der Luft, schwärzt Papier, entwickelt Emanation und hat die strahlenden Eigenschaften der bisher bekannten Radiumverbindungen. Im Anschluß hieran besprach der Redner noch eine Arbeit von E. Ebler, der auf dem Umweg über das Radiumazid metallisches Radium hergestellt hat, sowie zum Schluß noch auf die auf dem letzten Radiumkongreß in Brüssel besprochene Frage der Einheiten des Radiums und der Emanation. Herr Geh. Rat Engler machte noch darauf aufmerksam, daß das Radium, das in großen Mengen im Erdkörper

vorhanden sei, den Abkühlungsprozeß der Erde sehr stark verzögere, da es ungeheuer viel Energie aufgespeichert habe; es sei deshalb anzunehmen, daß die Erde älter sei, als es die Physiker annehmen, und daß die Hypothese der Geologen wohl die richtigere sei.

Herr Dr. E. Oettinger berichtete über eine Methode zur Bestimmung der Temperatur der Fixsterne. Die neueren Arbeiten, denen wir die Kenntnis der Strahlungsgesetze verdanken, geben erst eine exakte Methode, um von der Licht- und Wärmeenergie, die ein Stern uns zustrahlt, auf seine Temperatur zu schließen. Indem man die Strahlung des Sternes einmal mit der des schwarzen Körpers, d. h. eines gleichmäßig erwärmten Hohlraumes, sodann mit der des Platins, d. h. eines blanken Körpers vergleicht, kann man für seine Temperatur eine obere und untere Grenze angeben. Genauer findet man diese Temperatur, indem man statt der Gesamtstrahlung die Strahlungsenergien, die auf bestimmte Farben entfallen, vergleicht. Die Vergleichung geschieht mit einem in das Fernrohr eingebauten Photometer. Die auf diese Weise von Nordmann gemessenen Temperaturen der Fixsterne schwanken zwischen 5000 und 40 000 Grad. Die Temperatur bleibt also weit hinter den Schätzungen früherer Astronomen zurück, die eine Temperatur von 1—2 Millionen für wahrscheinlich hielten.

Herr Privatdozent Dr. Just berichtete sodann über die Zinnpest. Daß einzelne Metalle, namentlich bei großer Kälte, Veränderungen erleiden, indem sie in kurzer Zeit zu Pulver zerfallen, war bereits im Altertum bekannt. In neuerer Zeit lenkten hauptsächlich ähnliche Beobachtungen an Zinngegenständen die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf sich und führten zu der Vermutung, daß z. B. die Zerstörung von Orgelpfeifen oder der plötzliche Zerfall von Zinnbarren in Lagerhäusern durch andauernde große Kälte verursacht werde. Aber erst durch eine Reihe sehr eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen gelang es Professor Cohen in Utrecht, diese Erscheinungen aufzuklären. Er fand, daß unser gewöhnliches metallisches Zinn bei starker Abkühlung sich verändert, indem es sich zuerst an einzelnen Stellen aufbläht und schließlich in ein graues Pulver sich verwandelt. Cohen bezeichnete diesen Zerstörungsvorgang, diesen Übergang des glänzenden Metalls in ein graues Pulver, als Zinnpest. Der

Umwandlungspunkt der beiden Modifikationen liegt bei + 20°, d. h. daß oberhalb + 20° das metallische, unterhalb das graue Zinn die beständige Form ist. Wenn trotzdem unsere sämtlichen Zinngegenstände auch unterhalb dieser Temperatur von + 20° noch unversehrt bleiben und erst bei viel tieferen Temperaturen oder auch wenn sie unter + 20° mit Spuren der pulverförmigen Modifikation berührt, infiziert werden, zerfallen, so liegt dies daran, daß ein solcher Umwandlungspunkt in bestimmten Grenzen überschritten werden kann, gerade so wie sich z. B. Wasser leicht mehrere Grad unter 0° abkühlen läßt, ohne dabei zu Eis zu erstarren. Eine Reihe ähnlicher Zerfallserscheinungen wurden neuerdings an Metallgegenständen beobachtet, die bei der Bearbeitung stark gewalzt oder gepreßt worden waren. Cohen fand auch die Erklärung für diese, von ihm als Forcierkrankheit bezeichneten Vorgänge darin, daß solche mechanisch bei der Bearbeitung stark beanspruchten Metalle dabei in einen instabilen, unnatürlichen Zustand übergehen und daß dann das Bestreben, ihren normalen Molekularzustand wieder anzunehmen, zu schneller Zerstörung führen kann. Für die Technik der Metallbearbeitung ergeben sich natürlich aus diesen Untersuchungen wichtige Hinweise.

721. Sitzung am 18. November 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 44 Mitglieder und 5 Gäste.

Neu angemeldete Mitglieder: Die Herren Chemiker Dr. Acker, Geh. Hofrat Prof. Dr. Dreßler, Spezialarzt Dr. E. Huber.

Herr Dr. Wilser-Heidelberg besprach „Neue Funde und Veröffentlichungen auf anthropologischem Gebiet", zunächst einige Schriften (Steinmann, Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch; Lepsius, Die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit, sowie die etwas älteren schwedischen und deutschen Gegenstücke von Högbom und Pohlig) über die Eiszeit, der ja die ältesten, in europäischem Boden gefundenen Spuren des Urmenschen (Homo primigenius) angehören. Besteht darüber jetzt kein Zweifel mehr, so gehen über Einteilung und Ursachen dieses merkwürdigen Abschnitts der Erdgeschichte die Ansichten noch weit auseinander; während manche Forscher, wie Geikie und Penck, 4—6 verschiedene Eiszeiten mit entspre-

chenden wärmeren Zwischenzeiten annehmen, geben andere, wie Geinitz und Lepsius, nur eine große Eiszeit mit mehreren Rückzugsschwankungen zu, und über die Ursachen gibt es mehr als 40 widersprechende Erklärungen. Der Vortragende hält eine das Quartär einleitende Haupteiszeit mit kürzerem Vor- und Nachspiel für das Wahrscheinlichste und die vorübergehende starke Schnee- und Eisbildung für eine notwendige Begleiterscheinung der langsamen Abkühlung des Erdballs, die aus dem früher viel wärmeren Luftkreis ungeheure, auf hohen Gebirgen und im Umkreis der Pole als Schnee liegenbleibende Wassermengen zum Niederschlag brachte. Auch vor der Eiszeit ist es nicht immer und überall gleich warm gewesen: Tiere und Pflanzen konnten darum nicht, wie noch oft behauptet wird, beliebig hin- und herwandern, sondern ihre Ausbreitung richtete sich nach den natürlichen Lebensbedingungen und folgte einem bestimmten, vom Berichterstatter zuerst in Worte gekleideten „Verbreitungsgesetz", das u. a. besagt, daß von nahverwandten Arten die fossilen und höherentwickelten dem Ursprungsgebiet am nächsten geblieben sind. Den „Eolithen", aus dem Tertiär stammenden und als Werkzeuge des Vor- und Urmenschen angesprochenen Feuersteinsplittern, wird vielfach noch eine zu große Bedeutung beigelegt; da sie nachweislich auf natürlichem Wege entstehen können, dürfen sie nur dann als Erzeugnisse der Menschenhand betrachtet werden, wenn sie von anderen Spuren des Menschen begleitet sind. (Breuil, Sur la présence d'éolithes à la base de l'éocène Parisien. L'Anthropologie XXI 4/5.) Der als Stammvater des Urmenschen vorauszusetzende Tertiärmensch ist noch immer nicht gefunden; auch der ihm manchmal zugeschriebene Unterkiefer von Mauer gehört nach Fundumständen und Knochenbildung zweifellos dem diluvialen Urmenschen an. Die in Inselindien und Südamerika entdeckten Überbleibsel des Vormenschen sind nach neueren Untersuchungen erdgeschichtlich nicht älter als die des Urmenschen aus unserem Weltteil und müssen darum von vorausgeeilten Verbreitungswellen herstammen. Der von Ameghino mit einigen Anthropologen, z. B. Mochi, geführte Streit, ob das Stirnbein von Buenos Aires als vormenschlich oder als altmenschlich*) anzusehen ist, wird erst mit

*) Durch genaue Untersuchungen, besonders von Schwalbe ist die menschliche Herkunft sichergestellt.

Hilfe von Abgüssen zu entscheiden sein. — Dem diesjährigen internationalen Wissenschaftskongreß in Buenos Aires hat der genannte inzwischen verstorbene Forscher über einige in Argentinien und auf Kuba gemachte Knochenfunde berichtet, die er drei verschiedenen, ausgestorbenen Menschenarten zuteilt und mit entsprechenden, nicht gerade glücklich gebildeten naturwissenschaftlichen Namen belegt. Auch hierüber wird man ein endgültiges Urteil erst dann abgeben können, wenn wir im Besitz genauer Abbildungen oder Abgüsse sind. Einige im südlichen Schweden ausgegrabene Schädel und Gerippe hat der Lunder Anthropologe Fürst beschrieben (Stenålderskelett från Hvellinge i Skåne usw., Ur Fornvännen); sie stimmen ganz mit der aus Dänemark bekannten „Borreby-Rasse" überein, die nach des Berichterstatters Ansicht nicht die älteste menschliche Einwanderung in den nordischen Ländern darstellt, sondern aus einer Vermischung der langköpfigen Nordlandsrasse (Homo europaeus) mit vom Festland eingedrungenen Rundköpfen (Homo brachycephalus) hervorgegangen ist. Sie wurde, wie aus den sehr lehrreichen Zusammenstellungen des verdienstvollen schwedischen Forschers hervorgeht, später vollständig von der sich mächtig vermehrenden und ausdehnenden nordischen Rasse überflutet. — Im letzten Doppelheft (XXI 4/5) der Zeitschrift „L'Anthropologie" sucht Luquet die seltsamen menschenähnlichen Darstellungen aus der alten Steinzeit, die man bisher als Tanzmasken, Vermummungen zum Beschleichen des Wildes u. dgl. erklärt hat, in einer neuen Weise zu deuten, nämlich als richtige Menschen, aber gezeichnet in der Art „aufgerichteter Vierfüßler". Einige auffallend affenähnliche Bilder bestärken jedoch die vom Vortragenden schon früher geäußerte Vermutung, es handle sich um Nachbildungen großer, damals in unseren Breiten noch lebende Affen oder gemeinsamer Vorfahren von solchen und den ersten Menschen. Während die Verwandtschaft des Menschen mit den „Primaten" und seine Abstammung von tierähnlichen Vorfahren heutzutage bei ernstzunehmenden Forschern nicht mehr auf Widerspruch stößt, herrschen über die Zusammenhänge der fossilen Menschenarten untereinander und mit den lebenden Rassen noch sehr verschiedene, oft schroff sich gegenüberstehende Anschauungen. Zeugnis davon legen zwei kleine volkstümliche Schriften ab. „Der Mensch der Urzeit" (Aus Natur- und Geisteswelt) von Heilborn und ein

schwedisches Gegenstück, „Om människans ursprung“ (Verdandis småskrifter), von Adlerz. Letztere behandelt hauptsächlich die vormenschliche Zeit und die Beziehungen zur Tierwelt, erstere ist zu ihrem Nachteil zu sehr durch Klaatschs widerspruchsvolle Theorien beeinflußt. Bei der letzten Anthropologenversammlung in Cöln hat dieser Forscher ganz im Gegensatz zu früheren Äußerungen behauptet, die Neandertalrasse (H. primigenius nach der von ihm verschmähten naturwissenschaftlichen Bezeichnung) sei näher mit dem Gorilla verwandt und aus Afrika stammend, der Mensch von Aurignac (H. mediterraneus var. fossilis nach des Vortragenden Namengebung) dagegen mit dem Orang und ostasiatischer Herkunft. Um das Vorrecht dieses entwicklungsgeschichtlich und anatomisch unmöglichen Gedankens streitet er sich in öffentlichen Blättern mit einem Dr. Melchers; später wird es jeder gern dem andern überlassen. Eine mit Abbildungen versehene Schrift des Berliner Paläontologen Branca („Der Stand unserer Kenntnisse vom fossilen Menschen“) dient hauptsächlich zur Rechtfertigung der von ihm 1901 auf dem 5. Internationalen Zoologenkongreß vorgetragenen, durch die Zeit und neuere Forschungen überholten Ansichten und sucht u. a. immer noch eine Blutmischung zwischen richtigen Menschen und großen Affen, die den javanischen Vormenschen hervorgebracht haben soll, als möglich hinzustellen! Eine Urzeugung leugnet er und nimmt an, das Leben bestehe von Ewigkeit an und sei „in irgend einer Weise“ auf die Erde gekommen. In sachlich ruhiger, darum aber um so wirksamerer Weise hat Schwalbe (Globus, 18. Juli 1910) Pater Schmidts Theorien über „Die Stellung der Pygmäenvölker in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit“ zurückgewiesen. Leiblich sollen die Zwergvölker dem Urzustande der Menschheit am nächsten geblieben, geistig aber schon zum „Monotheismus“ vorgeschritten sein. Die Absicht einer solchen Darstellungsweise ist leicht erkenntlich. Eine sehr gründliche, mit vielen wertvollen Abbildungen ausgestattete Abhandlung von Schliz (Archiv für Anthr. IX 3/4) behandelt „Die vorgeschichtlichen Schädeltypen der deutschen Länder in ihrer Beziehung zu den einzelnen Kulturstufen der Urgeschichte“. Sie zeigt, daß jede neue Kulturentwicklung mit einem Zunehmen der Langschädel verbunden war. Der gelehrte Verfasser spricht nur von „Typen“, legt etwas zu viel Gewicht auf geringe örtliche Ver-

schiedenheiten und übersieht oft, z. B. bei den nach seiner Meinung rundköpfigen Kelten, die in dem Rassengemisch eines bestimmten Volkes enthaltenen Grundbestandteile. Immerhin sagt er am Schlusse ganz richtig: „Als stehender Völkerherd bleibt das Gebiet der Urheimat der Germanen, Nordwestdeutschland, Dänemark und Skandinavien bestehen, von welchem aus immer wieder Wanderzüge nach Südwestdeutschland stattfinden.“ Dieser „Völkerherd“ ist eben das Ausstrahlungsgebiet des Homo europaeus, von dem seit den frühesten Zeiten, weit über Deutschlands Grenzen hinaus, Wanderungen ausgegangen sind. Hierher gehört auch eine ähnliche Arbeit von Reche „Zur Anthropologie der jüngeren Steinzeit in Schlesien und Böhmen“ (Archiv für Anthr. VII 2/3). — Ein hübsches „Bilderbuch“ ohne eigenen wissenschaftlichen Wert ist „Das vorgeschichtliche Europa, Kulturen und Völker“ (Monographien zur Weltgeschichte Nr. 30) von Hahne, der auf den meisten der von ihm behandelten Gebieten kein selbstständiges Urteil hat und neben unzweifelhaft Richtigem auch mancherlei Irrtümer verbreitet. Neuerdings hat der dänische Anthropologe Hansen in der Kopenhagener „Nationaltidende“ (8. November) einen Aufsatz über „Europäische Rassenprobleme“ veröffentlicht, der sich gegen „phantasievolle, populärwissenschaftliche Schriftsteller“ und die „naiven Alldeutschen“ wendet und mit einer ganz ungenügenden, oberflächlichen Beweisführung die weltgeschichtliche Bedeutung der „germanischen Rasse“, d. h. des H. europaeus, herabzusetzen sucht. Als Zeichen für den wachsenden Einfluß anthropologischer Gedanken auf Volkswirtschaft und Gesundheitspflege sei zum Schluß noch der schöne und beherzigenswerte Vortrag des Freiburger Anthropologen Fischer („Sozialanthropologie und ihre Bedeutung für den Staat“) angeführt. Daß etwas gegen die zunehmende Entartung geschehen sollte, wird jetzt allgemein anerkannt; die Hauptaufgabe aber ist, zweckmäßige und zugleich durchführbare Vorschläge zur Rassenverbesserung zu machen. Sämtliche besprochenen Schriften wurden zur Ansicht vorgelegt. Aus ihnen geht hervor, daß zwar noch manche Gegensätze auszugleichen sind, daß aber auf dem Gebiet der Menschen- und Völkerkunde so emsig gearbeitet wird, wie auf irgend einem anderen der naturwissenschaftlichen Forschung, und dies berechtigt zu der Hoffnung, auch auf diesem Wege der Wahrheit immer näher zu kommen.

Herr Dr. L a y berichtete darauf über das „Abend- und Morgengedächtnis auf Grund experimenteller Untersuchungen“. Es handelte sich um didaktische bezw. pädagogische Experimente. Deshalb gab er zunächst einen Einblick in die von ihm vollzogene Grundlegung der experimentellen Didaktik, die Fortschritte der jungen Wissenschaft der experimentellen oder neuen Pädagogik im In- und Ausland, die Bestätigungen und Weiterführungen der Experimente Dr. Lays, die Errichtung pädagogischer Laboratorien in Chicago, Antwerpen, an belgischen Lehrerseminarien, in St. Petersburg, Budapest, Mailand usw., Institute, die aus staatlichen und städtischen Mitteln zur wissenschaftlichen Förderung der Pädagogik und zur Vor- und Fortbildung der Lehrer unterhalten werden. Als Versuchspersonen dienten Dr. Lay 18- bis 19jährige Seminaristen, die auf Grund von Beobachtungen und Versuchen in die Psychologie eingeführt waren. Aus den Versuchsresultaten seien hier nur folgende hervorgehoben: 1. Die Versuchspersonen hatten ausnahmslos die subjektive Gewißheit, daß das Morgenlernen bessere Resultate im dauernden Behalten erzeuge. 2. Der objektive Befund — nach je 24 Stunden wurde das Behalten festgestellt — zeigte aber, d a ß d a s A b e n d l e r n e n d e m M o r g e n l e r n e n u m d a s Z w e i - b i s D r e i f a c h e ü b e r l e g e n w a r. 3. Die Versuchsperson mit dem höchsten Energieaufwand hatte die achtfache Wiederholungszahl nötig, die die Versuchsperson mit dem geringsten Kraftaufwand für d e n s e l b e n Lernstoff gebrauchte 4. Nach 24 Stunden war die Hälfte des Lernstoffs vergessen. 5. Z a h l - r e i c h e falsche Reproduktionen (Erinnerungen) wurden von den Versuchspersonen als richtig angesehen (wie zahlreiche Zeugenaussagen vor Gericht unbewußt falsch und der Rechtsprechung gefährlich sind).

Warum ist das Abendgedächtnis stärker als das Morgengedächtnis? Die Vorstellungen wollen und sollen im Bewußtsein beharren, a l l m ä h l i c h abklingen und dabei sich f e s t i g e n. Nachfolgende Vorstellungen und Wahrnehmungen, wie sie in großer Zahl nach dem Morgenlernen, in der Tagesarbeit, n i c h t aber nach dem Abendlernen, im Schlafe, auftreten, können jenes Festigen und „von selbst Weiterarbeiten“ h i n d e r n. Auf die pädagogische Verwertung der Versuchsergebnisse konnte der Vortragende wegen der vorgeschrittenen Zeit nicht mehr eingehen.

722. Sitzung am 2. Dezember 1910.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im großen Hörsaal für Physik hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann einen Experimentalvortrag über „Das Relativitätsprinzip, der neue Fundamentalsatz der Physik", dessen Inhalt in etwas erweiterter Form bereits im 23. Band der Verhandlungen zum Abdruck gekommen ist.

723. Sitzung am 16. Dezember 1910.

Vorsitzender: Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 57 Mitglieder.

Neu angemeldete Mitglieder: Die Herren Oberst von Fiebig, Apotheker Ganzloser, Privatdozent Dr. Hallo, Regierungsbaumeister Kohler, Lehramtspraktikant Leier, Prof. Nopper, Diplomingenieur Schumann, Ingenieur Dr. Ing. A. Staus.

Im großen Hörsaal für Chemie der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Haid einen Lichtbildervortrag über seine „Reise nach Ceylon", die ihn von Genua aus über Neapel, durch den Suezkanal und an Aden vorbei nach Colombo, auf Ceylon selbst nach Kandy und seinen Teeplantagen, zum berühmten botanischen Garten von Paradenija und zuletzt nach dem 2000 m hoch gelegenen Nuwara Elija geführt hatte. Alles Schöne und Interessante, besonders Vegetationsbilder, was auf dieser Reise zu sehen war, führte der Vortragende in einer großen Anzahl von Lichtbildern, meist nach eigenen Aufnahmen vor.

724. Sitzung am 13. Januar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Graf Konst. von Hennin, Hauptmann und Kammerherr.

Im großen Hörsaal für Chemie der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Klein einen Vortrag über: „Urpflanzen, sowie Lebensdauer und Tod im Pflanzenreich".

725. Sitzung am 23. Januar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

In der Sitzung, welche gemeinschaftlich mit dem Elektrotechnischen Verein und dem Verein Karlsruher Ärzte stattfand, demonstrierte Herr Dr. Fr. Klingelfuß aus Basel im physika-

lischen Hörsaal der Technischen Hochschule, einer von den genannten Vereinen ausgehenden Einladung folgend, eines seiner großen Induktorien, welche blitzartige Funken bis zu 1,25 m Länge zu erzeugen vermögen, erläuterte die Bauart und Wirkungsweise derselben, insbesondere aber die Messung der erzeugten Spannung, welche zugleich ein Maß gibt für den Härtegrad der in einer angeschlossenen Röntgenröhre erzeugten Röntgenstrahlung, d. h. für deren Durchdringungskraft.

Durch eingehende Studien von Versuchsapparaten hatte der Vortragende erkannt, die Funkenlänge sei der Windungszahl der Sekundärspule sehr nahe proportional, vorausgesetzt, daß sie nicht, wie früher üblich, aus zahlreichen Teilspulen besteht, deren Enden miteinander verlötet sind, sondern aus einem fortlaufend gewickelten Draht, dessen Windungen überall so gut isoliert sind, daß nirgendwo Kurzschlüsse auftreten können. Es gelang ihm, ein (patentiertes) Verfahren zu finden, welches die Herstellung solcher Spulen gestattet, die wie zu erwarten, in ihrer Leistung die bisherigen Induktorien bedeutend übertrafen, so daß es möglich wurde, Apparate von den angegebenen Funkenlängen ohne abnorme Dimensionen und ohne allzu große Kosten zu bauen und sie ohne Besorgnis des früher so sehr gefürchteten Durchschlagens der Sekundärspule zu gebrauchen. Hierzu war es vor allem nötig, die Spannung an den Enden der Sekundärspule zu messen, um darnach die Dicke der Isolierschichten bestimmen zu können.

An einem Versuchsapparat zeigte nun der Vortragende zunächst, daß infolge der Hochfrequenzströme in der Primärspule, welche mit dem angeschlossenen Kondensator einen Braunschen Schwingungskreis darstellt, wie er in der drahtlosen Telegraphie benutzt wird, in der Sekundärspule Hochfrequenzströme induziert werden, welche an den Endwicklungen starke Spannungswechsel hervorrufen, die wie beinem Teslatransformator bläulich leuchtende Büschelentladungen hervorrufen, dadurch die Luft ionisieren, also deren Widerstand vermindern und so dem Funken den Weg bahnen. In der Mitte der Spule dagegen bleibt die Spannung immer annähernd Null, so daß man sie dort ungestraft berühren kann, während zwischen den Enden meterlange Funken übergehen, entsprechend einer Spannungsdifferenz von 800 000 Volt. Dieser Umstand eben ermöglicht die Messung der Spannungsdifferenz, welche, wie bemerkt, der Windungszahl proportional

ist. Ist z. B. die Windungszahl 86 000, so entfällt auf eine Serie von 10 Windungen die Spannungsdifferenz 94 Volt, die sich bequem mittels eines gewöhnlichen statischen Voltmessers messen läßt. Die Klingelfußschen Induktorien sind so eingerichtet, daß ein solches dauernd in der Mitte der Sekundärspule angeschaltet werden und somit an dessen Skala die Funkenspannung und damit auch die Härte einer angeschlossenen Röntgenröhre ohne weiteres abgelesen werden kann. Außerdem läßt sich noch ein Milliampèremeter in die Sekundärspule einschalten, welches den Strom darin zu messen gestattet, der sich bei den vorgeführten Versuchen je nach der Funkenlänge etwa in den Grenzen von 7—27 Milliampère bewegte. Für die Verwendung der Röntgenstrahlen in der Therapie dürfte diese Art der Messung der Leistungen eines Induktoriums, weil sie eine präzise Dosierung der Röntgenstrahlen ermöglicht, sehr willkommen sein.

Zum Schluß des mit lebhaftem Beifall aufgenommenen Vortrags dankte der Vorsitzende des Naturwissenschaftlichen Vereins, Herr Geh. Hofrat Lehmann, zugleich im Namen der anderen Vereine, dem Vortragenden herzlichst für seine Mitteilungen und die interessanten Demonstrationen, welche für ihn mit großen Umständlichkeiten verbunden waren, da die Apparate für diesen Zweck von Basel hierher transportiert werden mußten, weil das physikalische Institut kein großes Induktorium besitzt.

726. Sitzung am 3. Februar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 49 Mitglieder.

Herr Augenarzt Dr. Spuler hielt einen Vortrag über „Sport und Schule“.

Seit der Forderung Kaiser Wilhelms II. auf den Dezember-Konferenzen 1891: „Ich brauche Soldaten, wir müssen eine kräftige Generation haben“, wird der Ausbildung des Körpers in weiten Kreisen viel mehr Wert beigemessen. Durch mancherlei Fehler werden die Ausgehobenen zum Militärdienst untauglich; einen auffallend hohen Prozentsatz stellen die Herzfehler. In neuerer Zeit wird die Pflege und Ausbildung der Sinnesorgane, besonders der Augen, als notwendig betont. Durch das rauchlose Pulver, die modernen Waffen sind viel größere Gefechtsentfernungen entstanden als früher, die Taktik hat sich geändert und stellt an die Be-

obachtungsgabe des einzelnen höhere Anforderungen. In Deutschland haben wir aber gerade eine sehr hohe Zahl Kurzsichtiger, besonders in den höheren Klassen: von 2,3 % in den unteren Volksschulklassen steigt die Zahl auf 60 % in den Oberklassen der Gymnasien. — Die höheren Schulen sind es aber zurzeit, neben den Kadettenanstalten, aus denen der Ersatz für die Offiziere der Landarmee und der Marine hervorgehen soll, und gerade die Truppenführer sollen noch besser beobachten können, also auch gut sehen. Mit der Kurzsichtigkeit geht aber im allgemeinen in gleichem Maße eine Sehschwäche einher, so daß auch Hilfsapparate nicht so viel nützen wie bei normalen Augen.

Manche Gewerbe weisen auch viele Kurzsichtige auf, wie Setzer, Graveure, Feinmechaniker, Lithographen. Manches unnötige Lesen, Schreiben und in das Buch schauen könnte beim Unterricht wohl vermieden werden. Die Schulen müssen in der Schule und zu Hause angehalten werden, sich aufrecht zu halten. Ausreichende Beleuchtung ist heutzutage wohl in allen Schulen vorhanden. Schlechter steht es da schon in den Wohnungen, noch viel schlechter aber in den Werkstätten. Hier wird oft den ganzen Tag bei künstlicher Beleuchtung gearbeitet; da sollte durch eine vernünftige Bauordnung, die es nicht zuläßt, daß überall das letzte Stück Garten und Hof verbaut wird, Wandel geschaffen werden.

Alles, was die Schüler zum Aufenthalt im Freien veranlaßt (Spielen, Spaziergänge), müßte gefördert werden. Es ist ja eine alte Klage, daß der größte Teil der Schüler, auch der höheren Klassen, nicht beobachten könne, blind und taub laufen sie durch die Welt. Wenn die anderen Fächer nicht mithelfen, so kann der Naturkundeunterricht es allein nicht machen. Vor allem ein richtiger Zeichenunterricht könnte hier viel leisten. Auf den Spaziergängen kann dann das Beobachten (Atmosphäre, Flora und Fauna usw.) weiter betrieben werden, so daß hier neben dem Körper auch der Geist am besten gebildet wird.

Das Turnen ist immer noch das beste Mittel zur gleichmäßigen Ausbildung des Körpers. Alle Schüler nehmen hier daran teil und bei einem guten Unterricht auch gern. Übermäßige Anstrengungen werden hier am besten vermieden. Die Spiele im Freien, mit und ohne Ausflüge, sind dann des weiteren wohl am zweckmäßigsten für die künftigen Soldaten. Die Sportübungen

führen leicht zu Übertreibungen und sind daher für den noch nicht ausgewachsenen Körper der Schüler häufig schädlich. Es wird von nichtärztlicher Seite behauptet, daß Herzfehler, die zur Untauglichkeit führten, öfters durch übertriebenen Sport ausgebildet wurden. Viele der Sports, wie Radfahren, Reiten, Skifahren, sind für die meisten Schüler der Städte und die Lehrlinge der Handwerker zu kostspielig. Daß sie mit Maß getrieben, nützlich sind zur Ausbildung des Körpers und wohl auch in gewissem Grad der Sinnesorgane, kann niemand bestreiten. Zusammenfassend kann man sagen, daß ein guter Turnunterricht mit den Freispielen und Ausflügen den Körper und die Sinnesorgane am besten ausbildet. Mitwirken müssen alle Unterrichtsfächer, sowie auch die Anleitung und Aufsicht der Eltern.

Herr Dipl.-Ing. Schumann hielt darauf einen Vortrag über „Sprechendes Eisen", wobei er alle diejenigen Erfahrungen eingehend besprach, bei denen durch Änderung des magnetischen Zustandes eines Eisenstückes Geräusche oder Töne entstehen; er besprach eingehend das Telephon, das Telegraphon von Poulsen, den sprechenden Lichtbogen, sowie die neueste Form des Telephons, bei dem dieses Instrument aller der Attribute entkleidet ist, die man bis dahin als unumgänglich notwendig gehalten hat und das schließlich nur noch aus einer Mikrophonspule besteht.

727. Sitzung am 17. Februar 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 38 Mitglieder.

Neu aufgenommene Mitglieder: die Herren Reallehrer Dr. Merkel. u. Prof. Dr. Roller.

Herr Privatdozent Dr. Leiser hielt einen Vortrag über „mikroskopische Metalluntersuchung". Der Vortragende erläuterte zuerst an einigen Beispielen die physikalisch-chemischen Methoden, welche zum systematischen Studium des Verhaltens von Legierungen dienen, besonders also die chemische Analyse und zeigte, wie man die Versuchsresultate in einem Diagramm darstellen kann, aus dem dann leicht zu ersehen ist, ob die betreffenden Metalle im festen Zustand mischbar sind oder nicht, ob sie eine chemische Verbindung bilden, eine Umwandlung erfahren und dergleichen.

Sodann wurde kurz die Technik der Herstellung und mikroskopischen Untersuchung von Metallschliffen beschrieben und an

denselben Beispielen unter Vorführung von Mikrophotogrammen gezeigt, wie man die Resultate der physikalisch-chemischen Untersuchung durch die mikroskopischen Beobachtungen kontrollieren kann.

Der übrige Teil des Vortrags war der Beschreibung des physikalisch-chemischen Verhaltens der Eisenkohlenstofflegierungen und der Vorführung von Photogrammen gewidmet, welche die Anwendung der mikroskopischen Methode auf die Untersuchung der Eisen- und Stahlsorten zeigten.

728. Sitzung am 3. März 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 81 Mitglieder und Gäste.

Herr Prof. Dr. Paulcke hielt einen Vortrag über „Zweck und Verbreitung geologischer Exkursionen“.

729. Sitzung am 5. Mai 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.
Neuaufgenommenes Mitglied: Herr Privatdozent Dr. Mohrmann.

In der Sitzung, die vom Naturwissenschaftlichen Verein und vom Verein Karlsruher Ärzte gemeinsam abgehalten wurde, hielt Herr Prof. May einen Vortrag über Befruchtung und erste Entwicklung des tierischen Eies. Der Redner führte etwa folgendes aus: Aristoteles unterschied in seinem Werk über die Zeugung der Tiere zwischen Urzeugung und Elternzeugung. Zahlreiche niedere und einige höhere Tiere entstehen nach seiner Ansicht unmittelbar aus dem leblosen Stoff oder aus faulenden organischen Substanzen. Für die Mehrzahl der höheren Tiere aber nahm er eine Entstehung durch Vermittlung männlicher und weiblicher Eltern an, ohne jedoch das eigentliche Wesen der Zeugungsvorgänge zu erkennen. Im Mittelalter wurden keinerlei Fortschritte in der Erkenntnis dieser Erscheinungen gemacht, und erst mit dem Wiedererwachen der Wissenschaften im 17. Jahrhundert begann auch auf diesem Gebiet eine neue Epoche. Harvey stellte den Satz auf, daß alles Lebendige aus dem Ei hervorgeht, ohne jedoch damit die Urzeugungslehre des Aristoteles zu verwerfen. Doch schränkte er sie ein, und auch andere Forscher jener Zeit zeigten, daß gewisse Tiere, für

die man früher eine Entstehung durch Urzeugung angenommen hatte, tatsächlich durch Elternzeugung entstehen. Anderseits wurde damals durch die Entdeckung der Aufgußtierchen das Gebiet der Urzeugung erweitert, doch stellte sich später heraus, daß auch diese mikroskopischen Wesen nicht durch Urzeugung entstehen. Dasselbe wurde für die Eingeweidewürmer nachgewiesen, und so blieb schließlich die Elternzeugung als einzige durch die Erfahrung nachgewiesene Art der Zeugung übrig.

Die Elternzeugung ist entweder eine ungeschlechtliche oder eine geschlechtliche. Bei jener zerfällt der elterliche Organismus ohne weiteres in zwei oder mehrere gleiche oder ungleiche Teile, bei dieser findet eine Vermischung männlicher und weiblicher Substanzen statt. Über das Verhältnis dieser Substanzen (Same und Ei) zueinander und zum fertigen Organismus, hatte man früher durchaus unrichtige Vorstellungen. Man glaubte, daß der Organismus mit allen seinen Teilen im Keim vollständig fertig vorgebildet sei, und daß die Entwicklung nur in einer Auseinanderfaltung und einem Wachstum der bereits vorhandenen Teile, nicht dagegen in einer Neubildung von Teilen bestehe. Die Anhänger dieser Lehre schieden sich nach Entdeckung der menschlichen Samenfäden in zwei Lager: die Eigläubigen behaupteten, daß der Organismus im weiblichen Ei, die Samengläubigen, daß er im männlichen Samenfaden vorgebildet sei. Tatsächliche Beweise für ihre Auffassung vermochte keine der beiden Parteien zu erbringen. Eine tiefere Erkenntnis der Zeugungsvorgänge wurde erst durch die Aufstellung der Zellentheorie im 19. Jahrhundert möglich. Man erkannte, daß die Fortpflanzungssubstanzen Zellencharakter haben und die ersten Entwicklungsvorgänge Zellteilungen sind.

Der Vortragende erörterte darauf an einer Reihe von Lichtbildern den Bau der Zelle, die Vorgänge bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der einzelligen Tiere, die geschlechtliche Fortpflanzung der Aufgußtierchen, die Struktur der Ei- und Samenzellen verschiedener Tiere und die Erscheinungen der Befruchtung und Furchung des tierischen Eies, speziell des Eies der Seeigel. Bei diesem beobachtete Oskar Hertwig im Jahre 1875 zum erstenmal die Befruchtungsvorgänge. Später hat man versucht, diese Prozesse kinematographisch aufzunehmen, um sie einem größeren Publikum vorführen zu können.

Eine solche Vorführung bildete den Schluß des Vortrags. Zwei unbefruchtete Eier erschienen auf der weißen Fläche der Leinwand in ungeheurer Vergrößerung. Das Eindringen der Samenzelle in das Ei war nicht zu erkennen, aber daß die Befruchtung stattgefunden hatte, wurde dadurch kundgegeben, daß sich plötzlich vom Ei die Dotterhaut abhob, die jeder weiteren Samenzelle den Eintritt wehrte. Dann senkte sich die erste Furche in den Eikörper ein, der bald darauf durch sie in zwei Zellen zerteilt wurde. Zellteilung reihte sich jetzt an Zellteilung. Es entstand eine Zellenhohlkugel, die in kreisende Bewegung geriet und die Dotterhaut durchbrach, bis schließlich die fertige Larve durch das Gesichtsfeld schwamm. So wurde ein Vorgang, der sich in der Natur im Lauf von etwa 12 bis 24 Stunden abspielt, durch die kinematographische Vorführung in wenige Minuten zusammengedrängt, und das, was sonst nur dem Auge weniger Zoologen zugänglich ist, einem großen Publikum zur Anschauung gebracht.

730. Sitzung am 19. Mai 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 37 Mitglieder.

In der Sitzung vom 19. Mai d. J., der auch S. K. H. der Großherzog anwohnte, hielt Herr Dr. Spuler einen Vortrag über „Die Wirkung ultravioletten Lichtes auf den tierischen Organismus“.

Seit den grundlegenden Untersuchungen Newtons wissen wir, daß das weiße Sonnenlicht aus den verschiedenen Lichtarten des Regenbogens zusammengesetzt ist. Später fand man, daß auf beiden Seiten des sichtbaren Spektrums noch strahlende Energie der Sonne vorhanden ist: die ultraroten und ultravioletten Strahlen.

Die grünen Pflanzen gedeihen besonders gut im roten Licht, das vom Chlorophyll absorbiert wird; Wasserpflanzen passen sich oft dem grünblauen Licht durch rote oder gelbe Farbe an. Blaues und ultraviolettes Licht wirkt auf die grünen Pflanzen nicht fördernd ein, während die Bakterien durch diese Lichtarten geschädigt und bei längerer Wirkung getötet werden (desinfizierende Kraft des Lichtes).

Zahlreiche niedere Tiere empfinden direkt das ultraviolette Licht, und zwar oft als unangenehm; so tragen z. B. die Ameisen

ihre Puppen aus dem für uns sichtbaren Licht ins Dunkle, aber sie scheuen auch die für uns unsichtbaren ultravioletten Strahlen.

Für die Lichtstrahlen haben die höheren Tiere besonders empfindliche Sinnesorgane, die Augen. — Die Säugetiere nehmen wohl keinen größeren Spektralbezirk als die Menschen als Licht wahr. — Die Wärmestrahlen wirken auf Haut und Schleimhäute anders ein als die Lichtstrahlen, deren Einwirkung länger dauert und sowohl zu längeren Entzündungen führen kann, als auch vor allem Pigmentbildung anregt.

In neuerer Zeit wurde vielfach die Behauptung, daß die ultravioletten Strahlen besonders schädlich für die Augenmedien und die Netzhaut seien, aufgestellt. — Um in dem Für und Wider der Meinungen ein eigenes Urteil gewinnen zu können, stellte der Vortragende mit dem Quarzspektrographen Untersuchungen an. Es wurde das Sonnenspektrum und die verschiedenen in Betracht kommenden Lichtquellen untersucht und die Absorption der verschiedenen Gläser und der Augenmedien festgestellt. Die Untersuchung ergab, daß nennenswerte ultraviolette Strahlung außer von der Sonne nur von der offenen Bogenlampe und von der Quarz-Quecksilberbogenlampe ausgehen. Eine gewöhnliche dünne Glasscheibe absorbiert schon einen großen Teil der von der Sonne ausgehenden Strahlen, denen alle viel im Freien lebenden Personen ausgesetzt sind; wir finden aber gerade, daß diese im allgemeinen bessere Augen haben.

Jede starke Lichtquelle, die mehr oder wenig punktförmig ist, verursacht im sichtbaren Teil der Strahlung, Blendung, wogegen jedes Glas schützt, das diese Strahlen schwächt.

Aufgabe der Beleuchtungstechnik ist es, eine dem diffusen Tageslicht ähnliches Licht zu schaffen, wie wir es z. B. bis auf die Energieverteilung bei der indirekten Beleuchtung haben.

Viel störender als die wenigen ultravioletten Strahlen wirken die direkten Beleuchtungen, wie wir sie oft auf der Straße zur Reklame und zur Schaufensterbeleuchtung angewandt finden.

731. Sitzung am 16. Juni 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder und Gäste.

Im Hörsaal für Mineralogie der Technischen Hochschule hielt Herr Prof. Dr. Paulcke einen Vortrag über: „Versuche

über Gebirgsbildung". Die Versuche, welche sich an ältere Versuche über die plastische Deformation weicher Körper beim Zusammenstauchen usw. (vgl. O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig 1888 Bd. I S. 61 u. ff., wo eine Übersicht der Literatur gegeben ist) anschlossen, bedeuten einen wesentlichen Fortschritt, insofern nicht homogene Körper gepreßt wurden, sondern große Massen, die aus wechselnden Lagen von ziemlich steifem nassem Gyps und Sand bestanden und einem erheblichen Druck durch aufgelegte Gewichte ausgesetzt waren, ferner auch dadurch, daß quer zur Richtung der Pressung, welche parallel zur Schichtung erfolgte, lokale Senkungen veranlaßt wurden. Sie ergaben Deformationen, welche den in der Natur zu beobachtenden Deformationen von Gesteinsschichten sehr ähnlich waren, können somit zur Aufklärung der Gebirgsbildung beitragen.

732. Sitzung am 30. Juni 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend zahlreiche Mitglieder uud Gäste.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Der Schriftführer gab den üblichen Bericht über die Tätigkeit des Vereins im abgelaufenen Vereinsjahr und der Rechner den Kassenbericht. Als weiteres Vorstandsmitglied wurde Herr Geh. Hofrat Dr. Haid gewählt.

Herr Geh. Hofrat Dr. Klein hielt darauf einen Vortrag über das „Finalmehl und die vollständige Ausnützung des Nährwertes der im Getreidekorn enthaltenen Eiweißsubstanzen" unter Vorlage von Proben von Brot, das aus Finalmehl gebacken war.

Abhandlungen.

Untersuchungen über Henneguya psorospermica Thél.

Von **Prof. Dr. M. Auerbach.**

Die Anregung zur Vornahme der in diesen Zeilen geschilderten Untersuchungen erhielt ich durch die Zusendung außerordentlich stark mit *Henneguya psorospermica oviperda* Cohn infizierter Hechtovarien aus dem Neuchâteller See durch Herrn Prof. Dr. O. Fuhrmann, dem ich auch an dieser Stelle nochmals für seine Liebenswürdigkeit danken möchte. Fuhrmann hat diese Ovarien schon eingehend geschildert (6.), und ich werde später noch auf seine Mitteilungen zu sprechen kommen.

Das Studium von Schnitten durch Teile der eingesandten Ovarien führte zunächst zu keinem Erfolge, da ich mir die in ihnen gebotenen Bilder nicht richtig deuten konnte; es mußte daher wünschenswert erscheinen, noch anderes, womöglich jüngeres Material zu beschaffen, und es gelang mir dann auch im Laufe der Zeit nach und nach einige infizierte Ovarien von Hechten aus der Umgebung Karlsruhes zu erhalten. Vom 10. März 1905 bis 18. März 1911 habe ich einschließlich der Fuhrmann'schen Sendung 22 Hechte untersucht von 35—50 cm Länge. In diesen Fischen wurden gefunden

a. *Myxidium lieberkühni* Btschli in der Harnblase bei 20 Exemplaren [1],
b. *Henneguya psorosp. typica* Thél. auf den Kiemen bei 2 » [1],
c. » » *oviperda* Cohn im Ovarium bei 4 » ,
d. » *? lobosa* Cohn auf den Kiemen bei 1 Exemplar [1].

Über einige Funde betreffs *Myxidium lieberkühni* Btschli will ich zum Schlusse noch kurz berichten. Vorläufig wollen wir uns nur mit der Gattung *Henneguya* beschäftigen.

[1] Das Exemplar von Fuhrmann zählt in diesem Falle nicht mit, da ich nur die Ovarien desselben erhielt.

Technik der Untersuchung.

Die infizierten Teile der Ovarien und Kiemen wurden fixiert in heißem Sublimat-Alkohol absol. Eisessig nach Stempell (12—14); auch wurden von einigen Cysten Deckglasausstriche nach der Methode des gleichen Autors genommen und behandelt. Zur Messung wurden frische oder in Formol konservierte Sporen verwendet.

Das fixierte Material wurde z. T. nach meiner alten Methode (1.) mit alkohol. Boraxkarmin nach Grenacher und Thionin gefärbt, zum größten Teile aber nach der Giemsa'schen Methode und zwar nach der Modifikation die Schuberg (11.) und Giemsa selbst (7.) in neuerer Zeit angewendet haben, d. h. die Schnitte kommen für ca. 3 Stunden in verdünnte Giemsa'sche Lösung (10 Tropfen konz. Lösung auf 10 cm^3 Aq. dest.), werden dann kurz in Wasser abgespült, in 2 mal gewechseltem Azeton rasch entwässert, in Xylol aufgehellt und in Balsam gelegt. Das Resultat ist bei den von mir selbst in obigem Fixierungsmittel fixierten Schnitten stets ein ganz vorzügliches gewesen, und die Methode hat da nie versagt. Bei dem Fuhrmann'schen Material hingegen, das anders konserviert war, ist eine typische Färbung nicht zu erzielen gewesen.

Es mag vielleicht von Interesse sein, zu vernehmen, daß ich für die Färbung von Schnittmaterial für Mikrosporidien eine andere Methode der Giemsafärbung gefunden habe, die auch in Fällen angewandt werden kann, in denen Azeton nicht gebraucht werden darf.

Die infizierten Objekte werden, wie oben angegeben, fixiert, eingebettet und dann möglichst dünn geschnitten (2—5 μ). Die Schnitte werden mit Eiweißglyzerin und Wasser aufgeklebt. Nachdem sie dann durch fallenden Alkohol bis in dest. Wasser geführt worden sind, kommen sie auf 24—72 Stunden in das konzentrierte Giemsa'sche Gemisch (Grübler). Nach dieser Zeit wird das Deckglas mit den Schnitten direkt in eine sehr starke Lösung von Eosin-Höchst (Grübler) in dest. Wasser gelegt; hier wird schon in wenigen Minuten das überschüssige Blau ausgezogen, und die Schnitte erscheinen nun blaß rosa. Es folgt dann ein Überführen in dest. Wasser, in welchem sie sehr schnell wieder hell blau werden. Das Entwässern erfolgt in 95 %igem und ab-

solutem Alkohol, wobei ein Ausziehen des Farbstoffes nicht mehr zu fürchten ist, wenn die Präparate nicht übermäßig lange darin bleiben. Im Xylol, das ich zum Aufhellen verwende, kann man kontrollieren, ob die Färbung gelungen ist. Wenn das nicht der Fall sein sollte, gehe man zum dest. Wasser zurück, tauche dann nochmals in das konzentrierte Giemsa-Gemisch und differenziere wieder, wie oben angegeben, jedoch jenachdem länger oder kürzer als das erstemal, im Eosin. Wichtig ist dabei, daß die Eosinlösung stark genommen wird, und daß man zum Auswaschen stets frisches dest. Wasser nimmt.

Ich habe die vorstehende Schilderung nur gegeben, um einen Ersatz zu bieten, falls die Anwendung von Azeton nicht geraten erscheint; steht dessen Verwendung jedoch nichts im Wege, so ist die Schuberg'sche Methode entschieden vorzuziehen, weil sie einfacher ist und sicherer wirkt und nicht nur bei Mikro- sondern auch bei Myxosporidien in Anwendung kommen kann.

Zum Studium der pathologischen Veränderungen des Wirtsgewebes, verursacht durch die Infektion, wurden dann einzelne Serien auch mit Hämatoxylin-Eosin und besonders mit van Gieson'scher Lösung gefärbt; letztere Färbung wurde angewendet, um die Veränderungen und Wucherungen des Bindegewebes deutlich zu machen. Die damit erhaltenen Resultate waren ausgezeichnet und haben erst ein volles Verstehen der stattgehabten Veränderungen ermöglicht.

Henneguya psorospermica typica Thél. und Henneguya psorospermica oviperda Cohn.

Labbé hat in seiner Sporozoenmonographie im »Tierreich« (9.) folgende Subspezies von *Henneguya psorospermica* angenommen:

1. *Henneguya psorospermica typica* Thél.,
2. » » *texta* Cohn,
3. » » *minuta* Cohn,
4. » » *oviperda* Cohn,
5. » » *lobosa* Cohn,
6. » » *anura* Cohn

und ich selbst habe mich dieser Einteilung in meiner Cnidosporidien-Monographie (1.) angeschlossen und nur noch die *Henneguya psorospermica periintestinalis* Cépède hinzugefügt.

L. Cohn (5.), dem wir bisher die einzige größere Arbeit über unsere Parasiten verdanken, hatte jedoch eine andere Einteilung getroffen, er unterschied zunächst drei getrennte Arten:

1. *Henneguya* (*Myxobolus*) *psorospermica* s. str. von den Hechtkiemen,
2. » » *texta* von den Barschkiemen,
3. » » *minuta* von den Barschkiemen.

Zu *Henneguya psorospermica* stellte er dann als Varietät die Form aus den Hechtovarien als *Henneguya oviperda*, während er wieder *Henneguya lobosa* und *Myxobolus anurus* als besondere Spezies aufzufassen scheint. Neuerdings hat sich Wegener (16.) auf Cohns Standpunkt gestellt und vielleicht in bezug auf *Henneguya lobosa* nicht mit Unrecht, wie wir später noch sehen werden. Die Stellung des *Myxobolus anurus* ist noch zweifelhaft. Haben wir hier einen echten Myxobolus vor uns oder nur eine schwanzlose *Henneguya*? Ich glaube fast das Letztere, denn ich fand in typischen *Henneguya*-Cysten oft ganz schwanzlose und runde Formen (Vgl. Textfigur 1 f.), die ohne den Zusammenhang mit den geschwänzten Formen sicher als typische Myxobolussporen bezeichnet worden wären; auch lassen sich zwischen diesen schwanzlosen und den geschwänzten Sporen leicht alle Übergänge finden. Cohn (5.) ist sich über die Stellung der Spezies selbst auch nicht recht klar geworden, zumal es nicht sicher entschieden ist, ob nicht die von Lieberkühn auf den Hechtkiemen beschriebenen Cysten solche von *Myxobolus anurus* waren, Cysten deren Inhalt nach L. geschwänzte und ungeschwänzte Formen enthielt. Somit läßt sich nach unseren heutigen Kenntnissen die definitive Stellung der fraglichen Art noch nicht bestimmen.

Über *Henneguya texta* und *minuta* lag mir selbst kein Material vor, so daß ich mir kein eigenes Urteil bilden konnte. Es muß aber doch erwogen werden, ob die Unterschiede in Größe und Form der Cysten und die minimalen Abweichungen der Sporen voneinander nicht auf das Vorkommen in einem anderen Wirte (Barsch) zurückzuführen sind, und ob endlich die eigentümlichen plasmatischen Stränge in den Cysten von *Henneguya texta* nicht ähnliche Erscheinungen sind, wie wir sie später

bei alten und sehr starken Infektionen von *Henneguya psorospermica oviperda* kennen lernen werden. *Henneguya minuta* ist bisher nur ein einzigesmal bei einem Barsche gefunden worden; *Henneguya texta* fand Cohn (5.) einmal, Wegener (16.) unter 298 Barschen 11 mal, jedoch hat er leider anscheinend den mikroskopischen Bau der Cysten nicht näher untersucht, so daß wir, falls ich mich in letzter Annahme nicht irre, auch hier nur auf das eine Beispiel angewiesen sind. Die Klärung der Frage kann darum erst erfolgen, wenn ein umfangreicheres Material geprüft werden kann.

Die Frage der Gattungs- und Artangehörigkeit von *Henneguya lobosa* wollen wir später noch prüfen und so bleibt uns zu unserem eigentlichen Thema noch *Henneguya psorospermica typica* und *Henneguya psorospermica oviperda* übrig. Beide Formen scheinen in ihrem Vorkommen auf *Esox lucius* beschränkt zu sein, und zwar erstere auf die Kiemen, letztere auf das Ovarium.

Gefunden wurden bisher beide Parasiten an folgenden Örtlichkeiten:

1. *Henneguya psorospermica typica* im Frischen Haff, Kurischen Haff, Pregel und in den masurischen Seen (Cohn [5.], Wegener [16.]); im Neckar (Bütschli 4.); im Rhein (Auerbach 2, 3); im Vierwaldstätter-See (Nufer 10.); in Frankreich (Thélohan 15.).

2. *Henneguya psorospermica oviperda*[1] im Frischen Haff (Cohn 5.); bei Upsala (Cohn [5.] fide Lönnberg); im Neuchâteller See (Fuhrmann 6.); im Rhein bei Karlsruhe (Auerbach 3.).

Das Verbreitungsgebiet beider Spezies scheint sich demnach zu decken und ist ein sehr großes.

Die Sporen. (Textfigur 1.)

Bei Besprechung der Sporen können wir uns kurz fassen, da dieselben von früheren Autoren (Weltner 17., Cohn 5. u. a.) schon eingehend beschrieben wurden. Ich konnte, genau wie Cohn (5.), das absolute Übereinstimmen der Sporen von Kiemen-

[1] In meiner Arbeit: Unsere heutigen Kenntnisse über die geogr. Verbreitung der Myxosporidien (3.) ist das Vorkommen im Frischen Haff und bei Upsala leider aus Versehen weggelassen worden.

und Ovarialparasiten feststellen und kann den Satz Cohns (5.): »Die Sporen sind in den Größenmaßen sowohl als auch in der Form von denen des *Myxobolus psorospermicus* s. str. nicht zu unterscheiden; den von Weltner angegebenen Unterschied — den dünneren Schwanzanhang — konnte ich nicht konstatieren« nur unterschreiben.

Die bei meinen Präparaten gefundenen Sporenmaße stimmen mit den von Weltner (17.) gegebenen gut überein, sie betragen etwa:

Länge der Sporen mit Schwanz 26—32 μ (und darüber).
Ungeschwänzte Sporen . . . 16—18 μ.
Breite der Sporen . . . . . . 6—10 μ.
Länge der Polkapseln ca. . . 8—9 μ.

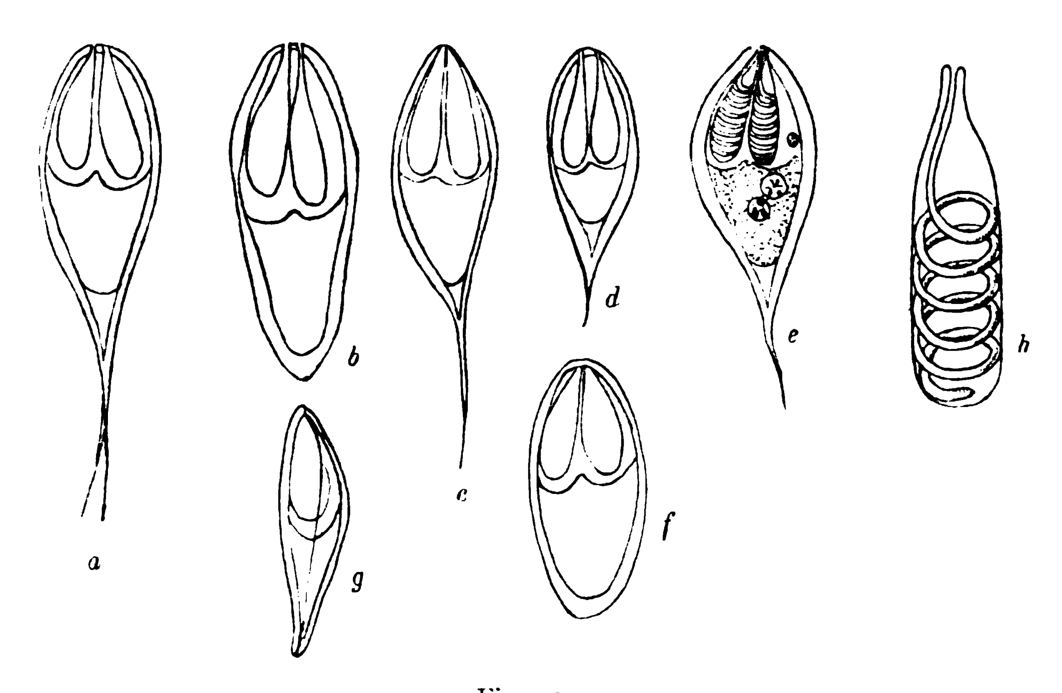
Die von Cohn (5.) und Wegener (16.) angegebenen Zahlen sind teilweise etwas größer; das hat aber keine Bedeutung, denn wir wissen ja, daß die Dimensionen der Sporen selbst in den gleichen Cysten sehr beträchtlich schwanken können.

Neben den normalen geschwänzten Sporen kommen nun bei beiden Parasiten auch ganz ungeschwänzte vor, und sowohl solche von etwas unregelmäßiger wie auch ganz regelmäßig elliptischer Gestalt (vgl. die Konturenzeichnungen Textfigur 1), wie sie für *Myxobolus anurus* Cohn charakteristisch sein würde; allerdings sind diese elliptischen Formen viel seltener wie die unregelmäßigen. Zwischen geschwänzten und ungeschwänzten Sporen lassen sich alle Übergänge auffinden; der Schwanzanhang kann ziemlich scharf abgesetzt sein oder allmählich in den Körper übergehen; auch hierin finden sich alle möglichen Variationen. Die Zahl der geschwänzten und ungeschwänzten Sporen in der gleichen Cyste hält sich so ziemlich das Gleichgewicht, es mag bei dem Ovarialparasiten vielleicht ein etwas größerer Prozentsatz ungeschwänzt sein wie beim Bewohner der Kiemen.

In der Ansicht von der Seite (Textfigur 1 *g*) zeigt sich die eine Sporenschale etwas stärker gewölbt wie die andere, eine Tatsache, auf die schon Weltner (17.) aufmerksam gemacht hat.

Im Amoeboidkeim findet sich eine jodophile Vacuole und meist zwei Kerne.

Die Polkapseln sind lang und schmal und liegen sehr oft fast parallel zu einander, ihre Ausmündung geschieht in gesonderten feinen Öffnungen am vorderen Ende der Schale. In den Polkapseln liegt der Polfaden aufgerollt. Es war mir möglich, an einer größeren Zahl von Sporen die Art der Aufrollung des Polfadens zu sehen und zu erkennen, daß sie mit Sicherheit eine andere ist, wie sie Stempell (14.) für *Nosema bombycis* Nägeli klarlegen konnte. Der Faden legt sich von vorne an direkt in



Figur 1
Verschiedene Sporenformen von *Henneguya psorospermica* Thél. aus Kiemen- und Ovarialcysten.

a—c aus Formol, *d—f* gefärbt, *g* von der Seite, *h* Schema der Aufrollung des Polfadens in der Polkapsel. *a—g* Ap. Imm. 2 mm, Comp. Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. (Originale um 1/5 verkleinert.)

Schleifen, wie eine Spirale; ein die ganze Länge der Polkapsel zunächst durchsetzender Achsenfaden findet sich hier also nicht (vgl. Textfigur 1 *h*). Wiederholt konnte ich den festen Zusammenhang, oder besser das Übergehen des Polfadens in die Wand der Polkapsel feststellen, ein leichtes Abreißen des Fadens, wie es Keysselitz (8.) für *Myxobolus pfeifferi* Thél. beschreibt, habe ich niemals finden können.

Die vegetativen Formen.

Wenn wir zunächst nur die reinen vegetativen Formen betrachten, ohne ihren Sitz in Kiemen oder Ovarien zu berücksichtigen, so können wir von vorneherein betonen, daß sie bei Kiemen- und Ovarialschmarotzern absolut identisch sind. Über die Größe der verschiedenen Cysten und ihre Form will ich im folgenden Abschnitte berichten; hier wollen wir nur den mikroskopischen Bau ins Auge fassen, ohne Berücksichtigung der sekundär vom Wirte gebildeten Hüllen, die auch später zu betrachten sein werden.

Als äußere Schicht des vegetativen Myxosporidienkörpers finden wir einen 3—4 μ dicken Saum von Ectoplasma, das allmählich sich nach innen zieht. Mit Giemsa färbt es sich ganz blaß rosa. Meist ist eine besondere Struktur nicht zu erkennen, manchmal findet man auch eine recht grobe radiäre Streifung, wie sie ja auch schon bei anderen Myxosporidien beschrieben wurde. Irgendwelche Differenzierungen der Oberfläche des Ectoplasmas habe ich nicht gefunden.

Die äußeren Schichten des Entoplasmas unterscheiden sich vom Ectoplasma nicht; die Grenze beider wird nur hergestellt durch das Auftreten von Kernen und Pansporoblasten, was etwa in einer Entfernung von 3—4 μ von der Oberfläche erfolgt. Die zentralen Partien größerer Cysten scheinen aber kein normales Plasma mehr zu enthalten, es ist verflüssigt und enthält neben Kernen und Pansporoblasten in verschiedenen Stadien hauptsächlich die ausgebildeten Sporen.

Cohn (5.) schildert den Bau der Cysten folgendermaßen:

»Der Eihülle liegt eine mäßig breite Schicht des die Innenlamelle bei anderen Myxobolen bildenden Plasmas an; hierauf folgt eine mit kleinen Myxobolenkernen gefüllte Plasmazone, die in eine Lage von Sporoblasten, untermischt mit Sporen, übergeht; die Hauptmasse der Sporen liegt, wie überall, im Zentrum . . .«

Diese Schilderung stimmt nun mit den Bildern, wie sie uns die fortgeschrittenen modernen Hilfsmittel zeigen, nicht mehr ganz überein. Die äußerste Schicht unter dem Ectoplasma enthält allerdings auch einzelne freie Kerne, im wesentlichen aber wird sie gebildet von einkernigen Pansporoblasten und den sich an diese anschließenden weiteren Entwicklungsstadien, während dann nach innen

zu die älteren Pansporoblasten folgen. Die Trennung der verschiedenen Altersstufen ist allerdings keine scharf durchgeführte, und wir können also auch einkernige Pansporoblasten mehr im Zentrum der Cysten finden; im großen und ganzen ist die Lagerung aber doch so, wie ich sie oben angab.

Die freien Kerne sind verhältnismäßig klein; sie haben einen Durchmesser von etwa 1,5—2 μ. Ihre Vermehrung scheint mir durch direkte Teilung zu geschehen, wenigstens habe ich sehr häufig Bilder gefunden, die mich an gleiche Vorgänge bei Mikrosporidien erinnerten (vgl. Tafel II, Figur 8).

Den Modus der Sporenbildung habe ich an meinem gut fixierten und gefärbten Material in seinem ganzen Verlaufe verfolgen können. Ich verzichte aber an dieser Stelle darauf, auf die Schilderung der fraglichen Vorgänge einzugehen und behalte mir einen Vergleich meiner Funde mit denjenigen von Keysselitz und Mercier bei *Myxobolus pfeifferi* vor. Auf Tafel II Figur 6 habe ich einige Bilder, welche die betreffenden Vorgänge zeigen, wiedergegeben.

Sitz der Parasiten im Wirtsorganismus.

a. *Henneguya psorospermica typica* Thél. Dieser Parasit hat seinen Sitz bekanntlich in den Kiemenplättchen von *Esox lucius*. Cohn (5.) sagt darüber folgendes:

»Die rein weiße Cyste ist schwach elliptisch, indem die beiden Durchmesser im Mittel betragen:

Länge 1,25 mm, Breite 1,00 mm.«

»Wenn man die Dicke des umlagernden Epithels abzieht, so erhält man die absolute Größe der Cyste:

Länge 1,15 mm, Breite 0,85 mm.«

»Die Cyste liegt unter dem Epithel, ohne den Knorpelstab zu erreichen. Die Blutgefäße wölben sich um sie herum; der Parasit quillt zwischen denselben, wie bei *Myxobolus mülleri*, niemals hervor. Die Cyste besteht aus einer äußeren, vom Wirt gebildeten Schicht mit kleineren, länglichen Kernen, die nicht dicht stehen; . . .«. »Die Cyste öffnet sich im Wasser schon nach ca. 1/2 Stunde.«

Dieser Beschreibung ist nur sehr wenig beizufügen. Wegener (16.) gibt folgende Maße:

Längsdurchmesser 1,5—2 mm, Querdurchmesser 1,1—1,5 mm.

Ich habe Cysten mikroskopisch gemessen und fand als reine Cystenmaße, d. h. ohne Berücksichtigung des Epithels:

Länge ca. 1,8 mm, Breite ca. 1,1—1,2 mm.

Zu diesen Maßen ist jedoch noch zu bemerken, daß solche Cysten, die äußerlich als ganz einheitlich erscheinen, sich auf Schnitten oft als aus zwei Einzelcysten zusammengesetzt dokumentieren, so ergibt sich dann für die obige Cyste folgendes Maß für jede Hälfte:

Länge ca. 0,88 mm, Breite 1,1—1,2 mm.

Die von Cohn (5.) beschriebene, vom Wirte gebildete Cystenhülle besteht aus einigen wenigen Lagen Bindegewebe, das die Parasiten allseitig umzieht und zwischen ihm und dem Kiemenepithel gelegen ist. Bei der eben beschriebenen Doppelcyste waren deren beide Komponenten fest aneinandergepreßt, so daß die angrenzenden Flächen ganz abgeplattet waren; zwischen beiden aber war ein ganz dünner, ununterbrochener Strang von Bindegewebe auf allen Schnitten nachzuweisen; ein Durchbruch der Scheidewand und als Folge ein Ineinanderfließen der beiden Cysten war nicht eingetreten.

In bezug auf den Sitz der Tumoren am Kiemenplättchen kann ich das schon Bekannte nur bestätigen, es wird anscheinend ausschließlich die Plättchenbasis und ihre Mittelpartie als Ort gewählt, an der Spitze der einzelnen Lamellen habe ich Cysten nie gesehen.

b. *Henneguya psorospermica oviperda* Cohn. Konnten meine Untersuchungen der Kiemenparasiten nichts Neues aufdecken, so gilt in bezug auf den Schmarotzer der Ovarien nicht das gleiche. Von allen bisherigen Autoren wird als ein Hauptort der Infektion das Ovarialei, z. T. in seinen verschiedenen Altersstadien angegeben. Ich halte es für angezeigt, zunächst hier die betr. Stellen *in extenso* zu zitieren. Der Entdecker unseres Schmarotzers, Weltner (17.) sagt:

»Der Rogen zeigte eine Menge milchweiß gefärbter Eier, deren Inhalt aus den Sporen von Myxosporidien, aus einer körnigen Masse und aus wenig Dotterkörnern bestand.«

Ähnlich spricht sich Cohn (5.) aus:

»Bei dieser Spezies kann man von einer eigentlichen Cyste nicht sprechen: das Myxosporid liegt nackt in der Eihülle, deren Inhalt vollkommen schwindet. Der Eihülle liegt eine mäßig breite Schicht des die Innenlamelle bei anderen Myxobolen bildenden Plasmas an; hierauf folgt eine mit kleinen Myxobolenkernen gefüllte Plasmazone, die in eine Lage von Sporoblasten, untermischt mit Sporen, übergeht; die Hauptmasse der Sporen liegt, wie überall, im Zentrum, die Eihülle aber nie so dicht füllend wie die Cysten. Man möchte fast annehmen, daß der Parasit ein gewisses Größenmaximum, das die volle Eigröße nicht erreicht, niemals überschreitet.«

»Das Fehlen einer eigentlichen Cyste kann nicht für ein Merkmal von genügender Bedeutung gelten, um die Art als selbständige Spezies zu charakterisieren; die vom Parasiten überall gebildete innere Cystenmembran aus verdichtetem Plasma ist auch hier vorhanden, und wenn eine kernhaltige Außenschicht fehlt, so erklärt sich das daraus, daß die geschlossene Eihülle die Bildung einer solchen zwecklos machte.«

In seiner Figur 28 Tafel 18 gibt der Autor dann noch ein Bild eines solchen infizierten Eies. Wir werden auf diese Figur noch zu sprechen kommen.

Am ausführlichsten beschäftigt sich Fuhrmann (6.) mit der Art der Infektion, er unterscheidet zwei Arten derselben; doch lassen wir ihn zunächst selbst berichten:

»Die Krankheit des Keimstockes trat an den Hechten des Neuenburger Sees in zwei Formen auf. Die gewöhnliche Art der Krankheitserscheinung ist wohl (?) die von obigen Autoren (Weltner, Cohn, Hofer) beobachtete. Es waren die Eier des Ovariums in größerer oder geringerer Zahl milchig-weiß erfüllt von den Sporen des Parasiten. Betrachten wir nun die Keimdrüse näher, so bemerken wir, daß nicht nur ein Teil der reifen Eier vom Plasmakörper des Parasiten erfüllt ist, sondern auch eine ebenso große, vielleicht noch größere Zahl junger, noch sehr kleiner Eier, angegriffen ist, welche so die Wandung des Keim-

stockes weiß punktiert erscheinen lassen[1]. Die Frage, ob die Eier jeden Entwicklungsstadiums von Henneguya angegriffen werden oder ob es vorzugsweise die jungen sind, wobei dann das Plasmodium in ihnen heranwächst, bis die Eihülle ungefähr die Größe des reifen Eies angenommen, war nicht zu entscheiden.

»Die Eihüllen der jungen Eier sind weniger resistent und lassen gewiß den Keimling oder Sporozoiten leichter eindringen, als dies bei den reifen Eiern mit ihren verhältnismäßig dicken Schalen möglich ist. Ich glaube deshalb, daß die zweite Infektionsmöglichkeit mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat.«

Was nun die zweite Form der Krankheitserscheinung anbetrifft, so zeigt sie einen sehr auffallenden Charakter. Öffnet man durch einen Längsschnitt das Ovarium, so bemerkt man in der Mitte desselben einen braunen, dicken, knotigen Strang (stellenweise bis 5 mm Durchmesser), welcher das ganze Ovarium durchzieht; derselbe zeigt feine Abzweigungen, an welchen ebenfalls mehr oder weniger zahlreiche braune Knötchen, ungleich verteilt, auftreten. Betrachtet man eine solche Verzweigung näher, so bemerkt man, daß dieselbe nichts anderes als die feinen Blutgefäße sind, an welchen braune Sporozoencysten die obengenannten Knötchen bilden. Zieht man ein solches feines Gefäß aus den mit Eiern besetzten Lamellen des Ovariums, so hat dasselbe, um einen etwas drastischen Vergleich anzuwenden, das Aussehen der Wurzel einer Kartoffelpflanze, indem am Gefäße und seinen Verzweigungen zahlreiche braune Knötchen hängen. Untersuchen wir dieselben unter dem Mikroskop, so sehen wir aber, daß ein solches Knötchen nur selten aus einer einzelnen Cyste besteht, sondern daß sie gewöhnlich aus mehreren, durch Bindegewebe von einander getrennte, sphärische oder leicht ovale, von Sporen erfüllte Plasmodien umschließt, welche bis 1 mm Durchmesser haben, während das ganze Gebilde bedeutend größer sein kann (5 bis 6 mm im Maximum). Bei dieser Art der Erkrankung finden sich keine oder nur wenige weiße Bläschen im Keimstock, dagegen zeigen die Eier ein eigentümliches Aussehen, sie sind blaß graulich, trübe und sehr leicht zerdrückbar und machen den Eindruck schlechten Ernährungszustandes, was nicht erstaunlich,

[1] »Bei drei der untersuchten Ovarien waren sozusagen alle Eier von dem Parasiten angegriffen, bei den anderen 50 bis einige Hundert.«

wenn wir die dichte Umhüllung der zentralen Gefäße und ihrer Verzweigung mit Sporozoen-Cysten betrachten.«

»Es drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob die Parasiten der weißen Eier und die der braunen Knötchen dieselben sind. Die Untersuchung hat ergeben, daß dies wirklich der Fall ist. Im ersteren Falle liegt die Plasmamasse des Parasiten im Ei und bildet dessen Membran, die namentlich deutlich bei reifen Eiern, die Umhüllung derselben. Im zweiten Falle dagegen liegen die ebenfalls sphärisch oder oval gestalteten Parasiten mit ihren Sporen in der Gefäßwand und hier ist es das Bindegewebe derselben, welches sie umschließt. In der Tat scheint in beiden Fällen das Plasmodium ein nacktes zu sein und also keine eigene Cystenwand zu bilden. . . . .«

Wenn wir von dem zuletzt von Fuhrmann geschilderten Infektionsmodus zunächst absehen, so stimmen die drei zitierten Autoren darin durchaus überein, daß die vegetative Form ihren Sitz in der Eizelle selber habe. Was zeigen nun meine eigenen Funde?

Betrachtet man ein infiziertes, schon ältere Eier enthaltendes Ovarium makroskopisch, so muß der erste Eindruck allerdings der sein, daß die Eier selbst infiziert sind. Die milchig weißen Cysten haben etwa die Größe der älteren Eier und besitzen auch sehr oft ihre kugelige Form. Sieht man aber genauer nach, so wird man auch Infektionsherde finden, die nicht kugelig, sondern mehr unregelmäßig gestaltet sind. Ich hielt diese Herde, da ich anfänglich auch der Meinung obiger Autoren war, für solche, bei denen die Eihülle vielleicht durch den inneren Druck des Parasiten gesprengt worden sei. Bei Herstellung von Zupfpräparaten fiel mir nun einmal auf, daß die Cysten außerordentlich leicht einrissen und ihren Inhalt nach außen ergossen, dann aber besonders, daß ich im zerzupften Materiale niemals Bruchstücke der Eihülle entdecken konnte. Dieses Resultat hatte ich nicht nur bei dem von mir selbst gesammelten und konservierten Materiale, sondern auch bei den Ovarien, die mir Prof. Fuhrmann gesandt hatte.

Kompliziert wurde die Frage dann noch dadurch, daß ich auf Schnitten durch solche ganz große Cysten einmal nie mit Sicherheit außen eine Eihülle auffinden konnte und dann auch niemals Überreste von Dotter fand; kurz die gefundenen Bilder

waren ganz andere als die Infektionen von Fischeiern z. B. mit Mikrosporidien ergaben; hier war außen doch wenigstens stets die Eihülle ohne Schwierigkeit nachzuweisen.

Allerdings glaubte ich anfangs, auf Schnittpräparaten die Eischale gefunden zu haben, es lag nämlich stets außen herum ein etwa 3—4 μ dicker Saum, auf den nach innen unmittelbar die Schicht der einkernigen oder jüngeren Pansporoblasten, nach außen dagegen Bindegewebe folgte. Dieser Befund war schon verdächtig; wo war in diesem Falle das Ectoplasma des Parasiten und andererseits das Follikelepithel des Ovariums?, waren beide infolge des Druckes verschwunden? Ein Vergleich des fraglichen Saumes mit Hüllen gesunder Eier, die sich im gleichen Schnitte fanden, ergab nun zweifellos, daß beide Gebilde nicht identisch sein konnten. Mit Giemsa färbt sich die Eihülle intensiv gelbrot und zeigt bei starker Vergrößerung sehr deutlich eine ganz zarte radiäre Streifung; der fragliche Saum war dagegen stets blaß rosa gefärbt und hatte recht grobe radiäre Streifung; zudem war seine Grenze gegen den Parasiten keine scharfe und es wurden Stellen gesehen, an denen in ihm einzelne Pansporoblasten lagen. Der Verdacht war also naheliegend, daß das fragliche Gebilde die Ectoplasmaschicht des Parasiten wäre, und daß dieser nackt in der früher vom Ei eingenommenen Höhlung liege. Wo war dann aber das Ei geblieben, war es ganz resorbiert oder verdrängt worden?

Diese Frage sollte mir nach monatelangem vergeblichem Suchen durch neue, sehr gut konservierte und gefärbte Präparate beantwortet werden. An ihnen fand ich zunächst einwandfrei, daß tatsächlich das Ectoplasma der Cyste eine wie oben beschriebene grobe, radiäre Streifung haben kann, und daß es sich mit Giemsa blaß rosa färbt. Ein Blick auf Figur 1 Tafel I klärt uns nun aber auch über das Schicksal des Eies auf. Wir sehen im rechten Teile der Figur eine größere Cyste von *Henneguya*, die oben, unten und rechts außen mit ihrem Ectoplasma direkt an das Bindegewebe der Septen zwischen den einzelnen Eiern stößt: links hingegen sitzt dem Parasiten kappenförmig das zusammengedrückte Ei auf, dem in seiner ursprünglichen Höhle nur ein kleiner Raum geblieben ist; eine Eihülle ist in unserem speziellen Falle vom Follikelepithel noch nicht abgesondert worden, im gleichen Schnitte lagen aber noch zwei ganz ähnliche Cysten,

bei denen das comprimierte ältere Ei schon eine deutliche Membran hatte, die nur wenig dünner war wie das Ectoplasma des Parasiten. Wir können auf der Figur auch den Verlauf des Follikelepithels verfolgen; dasselbe geht nicht außen um den Parasiten herum, sondern ist wie das Ei eingedellt und liegt also als einzellige Schicht an der Berührungsfläche zwischen Schmarotzer und Ei. Bei älteren Stadien setzt sich also die Berührungsfläche zusammen aus Eidotter-Eihülle-Follikelepithel-Ectoplasma der Parasiten, Schicht mit jungen Pansporoblasten. Die Umschlagstelle des Epithels ist an Figur 1 Tafel I an den mit † bezeichneten Stellen deutlich zu sehen; sie ist noch überzeugender in der bei ca. 2500:1 gezeichneten Figur 2, die eine solche mit † bezeichnete Ecke eines anderen Eies darstellt.

Der Dotter des zusammengedrückten Eies ist in Auflösung begriffen, und wenn der Parasit noch wächst, muß das Ei schließlich vollkommen zusammengedrückt werden und nach und nach verschwinden. Tatsächlich habe ich an alten Cysten an einer Seite Stellen gesehen, die ich nur für solche Überreste der Eier halten kann.

Nach meinen Funden bin ich daher gezwungen, anzunehmen, daß mindestens in sehr vielen Fällen der Sitz der *Henneguya* nicht das Ovarialei des Hechtes sei. Ich glaube vielmehr, daß die Entwicklung der Cysten sehr oft folgendermaßen vor sich geht:

Mit dem Blut- oder Lymphstrom gelangen die kleinen Keime ins Ovarium, durchsetzen hier die Wandungen der Capillaren und gelangen in das bindegewebige Stroma desselben. Ich glaube auch, solche Keime im Bindegewebe gefunden zu haben. Figur 7 Tafel II zeigt einige derselben und zum Vergleiche ein weißes Blutkörperchen, bei dem der andere Färbungscharakter des Kernes deutlich ist; ich habe im gesunden Hechtblute auch nie Gebilde gefunden, die mit den von mir als vegetative Formen angesehenen Zellen in bezug auf Bau und Färbung übereingestimmt hätten. Diese Keime nun gelangen an eine Eihöhlung und fallen in den Spalt zwischen Bindegewebe und Follikelepithel; es war mir einmal möglich, solche fragliche Keime an dieser Stelle zu sehen, jedoch muß die Möglichkeit zugegeben werden, daß sie beim Schneiden oder Aufkleben der Schnitte an diese Stelle gelangten, darum will ich diesem Bilde keinen größeren Wert beimessen.

Im Spalt zwischen Bindegewebe und Follikelepithel wachsen die Keime zu Cysten heran und komprimieren nach und nach bei ihrer Größenzunahme das mit ihnen in der gleichen Höhlung gelegene Ei. Nur auf diese Art lassen sich die von mir gefundenen Bilder erklären. Gesetzt nämlich, die Cyste wäre ein vom komprimierten Ei ganz verschiedenes zweites Ei, so müßten doch außen noch entweder Follikelepithel oder wenigstens die Eihülle erhalten sein und die Berührungsfläche müßte zwei Eihüllen, zwei Lagen Follikelepithel und in der Mitte einen Bindegewebestrang enthalten, falls man nicht annehmen will, daß alle diese Gebilde an dem infizierten Ei geschwunden seien, und hiergegen sprechen einmal die Funde der mit Mikrosporidien infizierten Eier, bei denen die Eihülle erhalten ist, und zweitens zeigten uns die oben beschriebenen Cysten der Kiemen, daß auch bei starker Aneinanderpressung immer noch ein dünner Strang Bindegewebe erhalten bleibt.

Das ganze Aussehen aller von mir in den gleichen Schnitten gefundenen Cysten weist auch darauf hin, daß Cyste und Ei in einer gemeinsamen, einheitlichen Höhle liegen; das Bindegewebe zieht glatt und ohne Unterbrechung außen um beide Gebilde herum (s. Figur 1 Tafel I).

Aus gleichen Gründen ist auch ein primärer Sitz der jungen Cysten zwischen Follikelepithel und Eihülle auszuschließen, weil eben sonst erstere um Cyste und Ei eine gemeinsame Hülle bilden müßte. Bilder, die etwas derartiges vortäuschen können, habe ich da und dort auch gesehen; nach eingehenden Vergleichen mit gesunden Eiern aber und durch Anwendung stärkster Vergrößerungen kann ich, für meine Präparate wenigstens, dies mit aller Sicherheit ausschließen.

Wie lassen sich nun meine Funde mit denen der anderen Autoren in Einklang bringen? Es gibt da zwei Möglichkeiten; es kann die Wahrscheinlichkeit nicht bestritten werden, daß u. U. auch die Eier von den vegetativen Formen direkt befallen werden. In diesem Falle hätten wir also zwei Infektionsmodi, einmal Bildung der Cysten außerhalb des Eies und allmähliche Verdrängung des letzteren, und dann direkte Infektion der Eizelle. Ich bin weit davon entfernt, diese letztere Möglichkeit nur einfach ableugnen zu wollen; ich halte es vielmehr besonders für junge Eier nicht für ausgeschlossen, daß ein solcher Modus tat-

sächlich eintreten kann. Nur muß ich dann auf den großen Zufall hinweisen, daß es mir bei meinem so reichen Material, das aus ganz verschiedenen Gegenden stammte, nie möglich war, auch nur eine einzige infizierte Eizelle aufzufinden.

Die zweite Erklärungsmöglichkeit ist die, daß die früheren Autoren sich einmal durch den äußeren Anblick der Cysten täuschen ließen, und dann auf ihren Schnitten das Ectoplasma der *Henneguya* für die Eihülle hielten, ein Irrtum der nach meinen obigen Ausführungen durchaus zu verstehen ist, denn nur durch besonders glückliche Umstände konnte ich mich selbst von demselben befreien [1].

Cohns (5.) Abbildung eines infizierten Eies ist nicht so ausgeführt, daß wir aus ihr etwas schließen könnten. Histologische Details sind nicht eingezeichnet, und ich kann folglich nicht entscheiden, ob das, was Cohn als Eihülle annimmt, wirklich diese oder aber die äußerste Schicht des Cystenectoplasmas ist; wo ist auf der Zeichnung die Andeutung des Follikelepithels, das bei einem so großen Ei doch deutlich vorhanden sein sollte?

Wie verträgt sich endlich der zweite von Fuhrmann beschriebene Infektionsmodus mit meinen Funden? Ich glaube sehr gut. Aus dem gegebenen Zitate haben wir ersehen, daß in diesem Falle der Sitz des Parasiten im Bindegewebe ist. Wenn Fuhrmann (6.) nun annimmt, daß die Cysten in der Gefäßwandung selbst säßen, so kann ich dem nicht beistimmen. Schnittserien durch die verschiedensten Teile des in Figur 3 Tafel I abgebildeten diesbezüglichen Materials von Fuhrmann zeigen mir vielmehr, daß die Gefäße mit ihrer Wandung intakt sind; die Cysten sitzen im Bindegewebe, das die Gefäße begleitet und in die Ovariallamellen hineinzieht, und der Parasit geht mit dem Bindegewebe mit in diese Lamellen. Der Umstand, daß gerade die Umgebung der Blutgefäße. so kolossal stark infiziert ist, spricht wohl sicher dafür, daß der Transport der Keime mit dem Blutwege erfolgte; sie durchsetzten dann die Gefäßwand, gelangten ins Bindegewebe und entwickelten sich hier nun teilweise in Spalten desselben in ziemlich unregelmäßigen, manchmal auch lang bandförmigen

[1] Auch in der Ansicht von der Fläche kann die Täuschung in Erscheinung treten, und erst ein genauer Vergleich wird zeigen, daß die durch die radiären Kanäle der Eihülle verursachte Punktierung eine viel feinere ist wie beim Ectoplasma.

Cysten, oder aber sie kamen in eine Eihöhle und verursachten dann hier die Bilder, die ich auf den voraufgehenden Seiten geschildert habe [1].

Nehmen wir die von Fuhrmann und mir beschriebene Art der Infektion als die gewöhnliche, normale an und geben nur zu, daß auch u. U. ein Befallenwerden der Eizellen eintreten kann, so dokumentiert sich die *Henneguya psorospermica oviperda* als ein spezifischer Schmarotzer des Bindegewebes; damit aber fällt der einzige Unterschied gegenüber dem Bewohner der Kiemenplättchen fort, denn auch dieser hat ja seinen Sitz unter dem Epithel im Bindegewebe und bildet runde, weiße Cysten, die sich im Aussehen und Bau in nichts von denen des Ovariums unterscheiden. Daß der Bau der Sporen in beiden Cystenarten der gleiche ist, haben wir früher schon gesehen. Endlich mag noch bemerkt werden, daß gleichzeitige Cysten auf Kiemen und im Ovarium beim gleichen Individuum auftreten können. Diese Tatsachen nun aber drängen uns die Frage auf, ob wir noch irgend eine Veranlassung haben, den Bewohner der Ovarien von dem der Kiemen wenn auch nur als Varietät oder Subspezies abzutrennen. Ich glaube nicht; wissen wir doch, daß Myxosporidien, ich nenne als Beispiele nur *Myxobolus mülleri* Btschli. und *Myxobolus pfeifferi* Thél., ganz verschiedene Organe des gleichen oder verschiedener Wirte bewohnen können, und darum halte ich es für durchaus angebracht, wenn wir in Zukunft die *Henneguya psorospermica oviperda* Cohn als typische *Henneguya psorospermica* ansehen. Wie es sich mit den übrigen Subspezies verhält, muß, wie gesagt, weiteren Untersuchungen zur Entscheidung vorbehalten bleiben.

Es sei mir nun noch gestattet, in ganz kurzen Worten auf die pathologischen Veränderungen einzugehen, die der Schmarotzer im Hechtovarium verursacht.

Die erste Erscheinung, welche vielleicht mit dem Auswandern der Keime aus den Blutgefäßen und ihrem Eindringen in das Bindegewebe zusammenhängt, ist eine Entzündung in letzterem. Ein solcher Entzündungsherd, kenntlich durch die Rundzellen-

[1] Ob von den Keimen vielleicht als allererste Infektion zunächst eine Bindegewebezelle infiziert wird, die dann beim Wachstum des Parasiten zugrunde geht, kann als möglich angenommen werden; einen Anhaltspunkt dafür haben wir vorläufig nicht.

infiltration, ist auf Tafel I Figur 1 ziemlich in der Mitte zu sehen. Ich glaube, daß die Entzündung mit dem Einwandern der Keime ins Gewebe zusammenhängt, weil ich im entzündeten Herde unter den Rundzellen auch andere Zellen fand, die sich im Bau von den Leucocyten unterschieden und in der Art der Färbung mit den Kernen und Pansporoblasten in den Parasitencysten übereinstimmten (Tafel II Figur 7). Im entzündeten Gewebe ist die Zahl der Blutgefäße vermehrt und ganz besonders tritt eine starke Hyperplasie des Bindegewebes ein. Während nämlich im normalen Ovarium zwischen den einzelnen Eiern, seien es nun junge oder alte, nur ganz dünne Bindegewebssepten verlaufen, sind diese in der Umgebung der Entzündungsherde sehr stark verdickt (siehe Tafel I Figur 1). Eine weitere Veränderung der Gewebe tritt zunächst nicht ein; es scheint das nur zu erfolgen, wenn die Infektion eine sehr starke und oft wiederholte war, wie es z. B. für die Fuhrmannschen Fälle zutreffen dürfte. In diesen Beispielen sieht man, daß das Bindegewebe überall einmal stark hyperplastisch wird und zugleich stark hyalin degeneriert; man findet breite, unregelmäßig gezackte, hyaline Gewebemassen, die keine Struktur mehr aufweisen und sich mit van Gieson, wie auch das andere Bindegewebe, intensiv rot färben. Die glatte Muskulatur der Ovarialwandung wird dabei nicht in Mitleidenschaft gezogen; die Verdickung geschieht vielmehr nur auf Kosten des Bindegewebes. Durch die geschilderte Hyperplasie kommen dann Bildungen zustande, wie sie uns Fuhrmann (6.) beschrieben hat, und wie ich auch eine auf Tafel I Figur 3 wiedergegeben habe.

Im hyperplastischen und hyalin degenerierten Bindegewebe können nun die *Henneguya*-Cysten liegen (Tafel I Figur 4) und es zeigt sich, daß in ältere Cysten, die ja nackt im Gewebe liegen, die Bindegewebszüge hineinwachsen (Tafel I Figur 4). Je nach dem Alter der Cysten sind diese Wucherungen stärker oder schwächer; in Begleitung der Bindegewebsfibrillen befinden sich auch Blutgefäße; die ganze Gegend zeigt das Bild einer typischen Entzündung. Ich glaube, daß all diese Erscheinungen auf eine Reaktion des Wirtsgewebes zurückzuführen sind, zum Zwecke der allmählichen Resorbtion der parasitären Massen.

Betrachtet man die Figur 26 und 27, Tafel 18 von Cohn (5.), welche Cysten der *Henneguya texta* in den Kiemenplättchen von *Perca fluviatilis* darstellen, so drängt sich einem unwillkürlich

der Vergleich mit den eben von mir beschriebenen Bindegewebswucherungen des Wirtsgewebes in die Cysten hinein auf. Sollten wir es nicht hier vielleicht mit ähnlichen Erscheinungen zu tun haben, so daß der merkwürdige Bau der Cysten nicht auf eine besondere Parasitenspezies, sondern auf eine Reaktion des Wirtsgewebes zurückzuführen wäre? Bestärkt könnte man in dieser Annahme werden durch Cohns (5.) Angabe, daß die Cystenwand aus einer verhältnismäßig dicken, vom Wirtsgewebe stammenden äußeren Lamelle gebildet werde. Leider sind auch diese Figuren nicht so gezeichnet, daß man aus ihnen irgend welche bestimmten Schlüsse ziehen könnte.

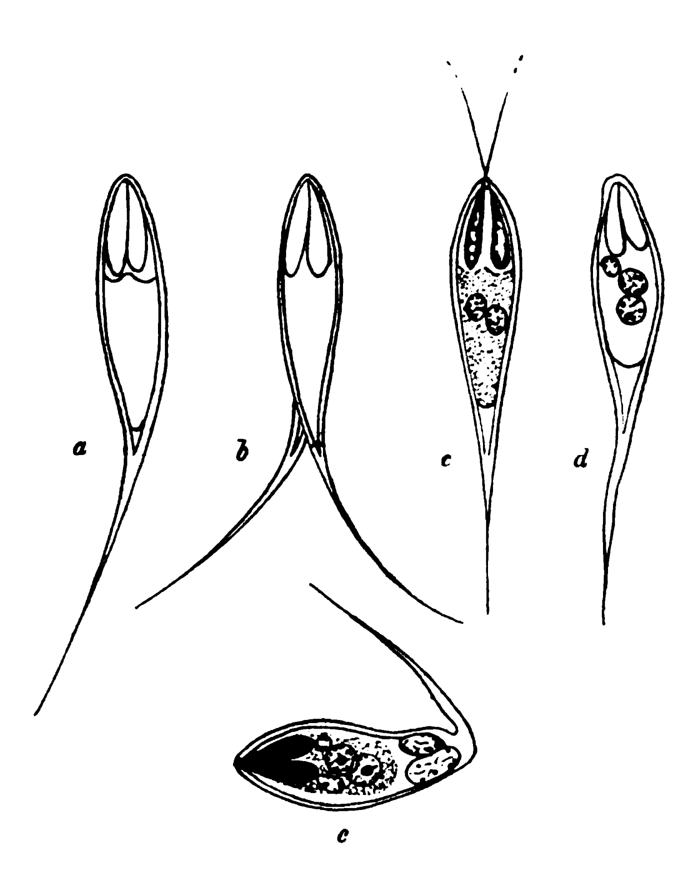
Henneguya? lobosa Cohn. (Textfigur 2.)

Dieser Parasit gehört zu den seltenen Formen; Cohn (5.) fand ihn im ganzen nur auf zwei Hechten und auch Wegener (16.) konnte ihn nur zweimal auf den Kiemen von 128 Hechten nachweisen. Ich selbst gelangte am 10. III. d. J. in Besitz eines ca. 40 cm langen weiblichen Hechtes, dessen linke Kiemen mit einer größeren Zahl von Cysten unseres Parasiten besetzt waren. Damit wird das Verbreitungsgebiet unseres Schmarotzers ganz bedeutend erweitert, denn bisher war er nur aus dem Frischen Haff und vielleicht dem Pregel bekannt (Cohn 5., Wegener 16.). Das Vorkommen im Rhein bei Karlsruhe macht es sehr wahrscheinlich, daß auch in den übrigen europäischen Flußgebieten, in denen *Esox lucius* vorkommt, sich unser Parasit wird nachweisen lassen.

In bezug auf den Bau der Cysten und Sporen kann ich nicht viel Neues verzeichnen. Die von mir gefundenen milchweißen Cysten saßen auf dem Ende der Kiemenplättchen, waren teilweise stark gelappt und hatten eine Länge von etwa 2,5 mm (Tafel I Figur 5); dieses Maß hält die Mitte der von Cohn (5.) und Wegener (16.) gegebenen Zahlen.

Auf Längs- und Querschnitten durch die Cysten ergeben sich gegen diejenigen von *Henneguya psorospermica* einige Unterschiede. Der Sitz im Gewebe ist der gleiche wie bei jenem Schmarotzer, auch die bindegewebige Hülle des Wirtes zeigt keinen Unterschied. Dagegen weicht der Bau der eigentlichen vegetativen Form ziemlich erheblich von demjenigen des früher

beschriebenen Schmarotzers ab. Das Ectoplasma, das in einer Dicke von 2—3 μ auftritt, färbt sich auf allen meinen Präparaten, die genau so fixiert waren wie diejenigen von *Henneguya psorospermica*, mit Giemsa nicht blaß rosa wie dort, sondern hellblau dieser Farbenton ist mir bei *Henneguya psorospermica* niemals vorgekommen, obgleich bei ihr doch ganz verschiedene Fixierungen verwendet worden waren.



Figur 2

Sporen von *Henneguya? lobosa* Cohn.

a und *b* frische; *c*, *d*, *e* gefärbt; *e* junge Spore. Ap. Oel-Immersion 2 mm, Comp Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. (Originale um $^1/_5$ verkleinert.)

Auch der Modus der Sporenbildung scheint mir anders zu verlaufen wie bei der vorhergehenden Form. Ich konnte denselben zwar nicht weiter verfolgen, da meine Cysten in der Entwicklung schon zu weit vorgeschritten waren, jedoch fanden

sich auch gar keine ähnlichen Bilder wie bei gleichaltrigen Tieren von *Henneguya psorospermica*, bei der auch im fortgeschrittenen Alter noch immer junge, einkernige Pansporoblasten, wenn auch in geringer Zahl vorhanden waren. Die freien Kerne sind kleiner wie bei *Henneguya psorospermica*, scheinen sich aber auf die gleiche Art zu vermehren.

Die Sporen sind deutlich von denen der *Henneguya psorospermica* verschieden. Ein Blick auf Textfigur 1 und 2 zeigt ohne weiteres, daß die uns hier interessierende Art viel schlanker und eleganter ist. Ich kann es daher nicht verstehen, wenn Cohn (5.) schreibt, daß die Sporen denen von *Henneguya psorospermica* ungemein ähnelten und nur schwer von ihnen zu unterscheiden wären; dabei gibt er die charakteristischen Maße ganz richtig an. Die von mir gemessenen Sporen hatten etwa folgende Dimensionen:

Länge (mit Schwanz) . .	30 μ.
Breite	4—6 μ.
Länge der Polkapseln .	6 μ.
Länge des Polfadens	48—54 μ.

Bemerkenswert war mir noch, daß bei sehr vielen frischen Sporen, die Schwanzfortsätze weit klafften (Textfigur 2 *b*), eine Erscheinung, die bei *Henneguya psorospermica* in viel geringerem Grade und viel seltener auftrat.

Im Amoeboidkeim fällt zunächst auf, daß bei jungen und alten Sporen (besonders bei ersteren) die Kerne bedeutend größer sind wie bei *Henneguya psorospermica* und infolgedessen in dem kleineren Keim einen viel größeren Raum einnehmen.

Wie auch Wegener (16.) schon hervorhebt, war es mir ebenfalls unmöglich, im Amoeboidkeim die jodophile Vakuole nachzuweisen, und deshalb kann ich mich seinem Zweifel, ob der Parasit auch wirklich eine *Henneguya* sei, nur anschließen. Mit Wegener kann ich mich auch einverstanden erklären, wenn er den Parasiten wegen des Baues der Cysten in die Gattung *Myxosama* einreihen will. Ein genauer Vergleich des mikroskopischen Baues der beiden Cystenarten würde aber immerhin zunächst noch vorzunehmen sein.

Zum Schlusse endlich möchte ich noch einige wenige Worte über das in meinen Hechten fast konstant gefundene *Myxidium lieberkühni* Btschli beifügen. Ich konnte in bezug auf die Fortpflanzung die früheren Beobachtungen Cohns (5.) nur bestätigen, nach denen im Winter die Sporenbildung eingestellt wird, und an ihre Stelle eine sehr starke multiplikative Vermehrung durch Knospung tritt. Schon im Juli scheint eine bedeutende Einschränkung in der Sporulation vor sich zu gehen, um dann nach und nach ganz zu ruhen, bis etwa im Februar die Sporulation wieder eintritt.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Figur 1. Ovarium von *Esox lucius* L. infiziert mit *Henneguya psorospermica*. Cyste derselben in einer Eihöhle, das komprimierte Ei links von der Cyste. Färbung: Giemsa. Schnitt: 5 μ. Seibert Ap. Obj. 16 mm, C. Oc. 4. Abbéscher Zeichenapparat. Vergr. ca. 62 : 1.

Figur 2. Stück einer Cyste von *Henneguya psorospermica* mit der Umschlagstelle des Follikelepithels (+ der Figur 1). Färbung: Giemsa. Schnitt: 5 μ. Seibert Ap. Oel-Immersion 2 mm, Comp. Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 2250 : 1.

Figur 3. Stark mit *Henneguya psorospermica* infizierter zentraler Strang eines Ovariums von *Esox lucius*. Material von Prof. Fuhrmann.

Figur 4. Schnitt durch eine kleine Cyste von *Henneguya psorospermica* in einer stark infizierten Stelle des Materials von Figur 3. Entzündungserscheinungen, Hyperplasie und hyaline Entartung des Bindegewebes. Hineinwachsen des Bindegewebes in die Cyste. Färbung: van Gieson. Schnitt: 5 μ. Seibert Ap. Obj. 4 mm, Comp. Cc. 8. Abbé'scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 500 : 1. Alles was außer den Kernen dunkel gezeichnet ist, sind Züge von Bindegewebe.

Figur 5. Cyste von *Henneguya? lobosa* Cohn am Ende eines Kiemenplättchens von *Esox lucius*. Vergr. ca. 14,5 : 1.

Tafel II.

Alle Präparate dieser Tafel sind mit Giemsa gefärbt.

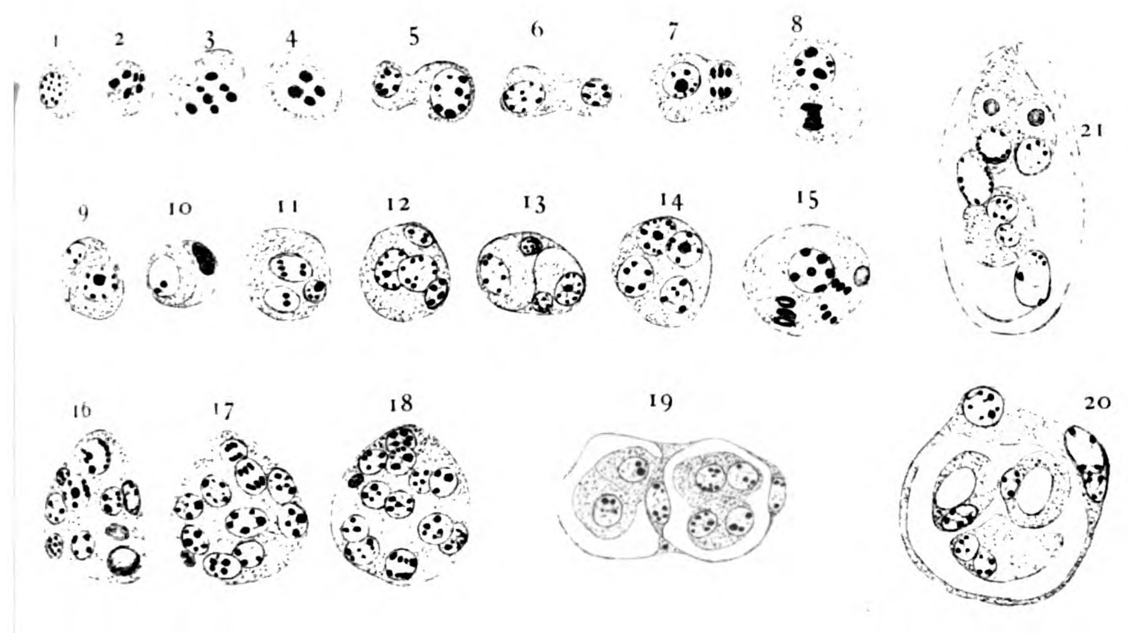
Figur 6. Verschiedene Stadien der Sporenbildung von *Henneguya psorospermica* 1—4 einkernige Pansporoblasten in Ruhe und in Teilung; 5—8 Abschnürung der ersten Hüllzelle?; 9, 10 Pansporoblast mit anliegender Hüllzelle?; 11—18 verschiedene ältere Pansporoblasten; 19 Zwei Sporoblasten in der gemeinsamen Hülle; 20 Junge Spore; 21 Ältere, noch nicht fertige Spore. Ap. Oel-Im mersion 2 mm, Comp. Oc. 18. Abbé'scher Zeichenapparat. Vergr. ca. 2250 : 1.

Figur 7. Keime von *Henneguya psorospermica* aus dem entzündeten Ovarialbindegewebe. a ein weißes Blutkörperchen zum Vergleich. Vergr. usw. wie Figur 6.

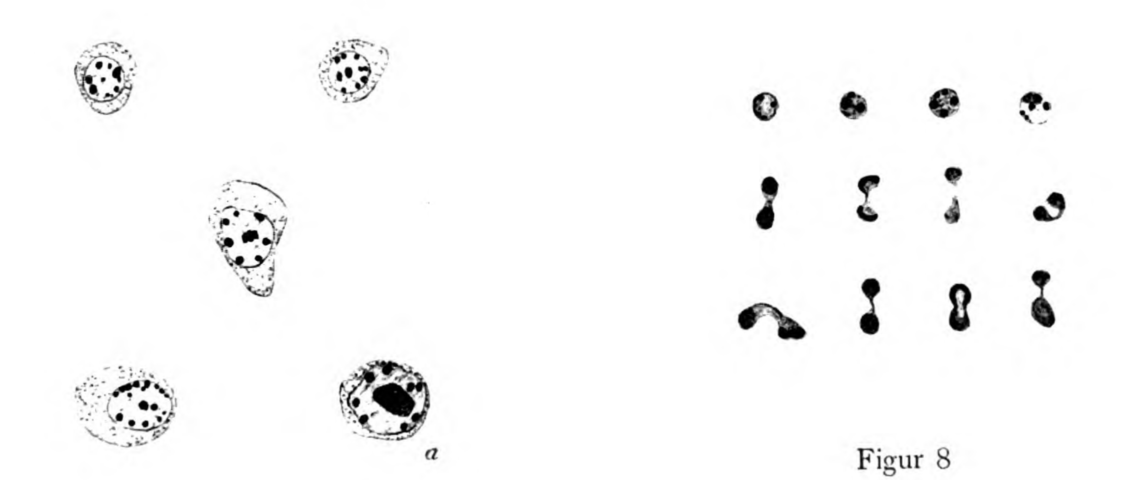
Figur 8. Freie Kerne der vegetativen Form von *Henneguya psorospermica* in Ruhe und Teilung. Vergr. usw. wie Figur 6.

Literaturverzeichnis.

1. Auerbach, M. Die Cnidosporidien. Leipzig 1910.
2. Auerbach, M. Bericht über eine Studienreise nach Bergen (Norwegen). Verhandl. d. Naturw. Ver. zu Karlsruhe. Bd. 21. 1909.
3. Auerbach, M. Unsere heutigen Kenntnisse über die geographische Verbreitung der Myxosporidien. Zoolog. Jahrb. Abt. f. Systematik usw. Bd. 30. H. 5. 1911. p. 471—494.
4. Bütschli, O. »Protozoen« in Bronns Klassen u. Ordn. d. Tierreichs. Vol. I. Protozoa. 2. Aufl. 1882.
5. Cohn, L. Über die Myxosporidien von Esox lucius und Perca fluviatilis. Zoolog. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontog. Bd. 9. 1896. p. 227—272.
6. Fuhrmann, O. Über eine Krankheit der weiblichen Geschlechtsorgane des Hechtes. Allg. Fischereizeitung 1904. Nr. 24.
7. Giemsa. . . . in Deutsche medizin. Wochenschrift 1909. Nr. 48. (fide Schuberg.)
8. Keysselitz, G. Die Entwicklung von Myxobolus pfeifferi. Arch. f. Prot. Kde. Bd. 11. 1908.
9. Labbé, A. »Sporozoa« in: Das Tierreich. Herausgeg. v. d. deutsch. Zoolog. Ges. Lfg. 5. 1899.
10. Nufer, W. Die Fische des Vierwaldstättersees und ihre Parasiten. Dissertation. Basel 1905.
11. Schuberg, A. Über Mikrosporidien aus dem Hoden der Barbe und durch sie verursachte Hypertrophie der Kerne. Arb. aus d. K. Gesundheitsamte. Bd. 33. 1910.
12. Stempell, W. Über Thelohania mülleri (L. Pfr.). Zoolog. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontog. Bd. 16. 1902. p. 235—272.
13. Stempell, W. Über Nosema anomalum Monz. Arch. f. Prot. Kde. Bd. 4. 1904. p. 1—42.
14. Stempell, W. Über Nosema bombycis Nägeli. Arch. f. Prot. Kde. Bd. 16. 1909. p. 281—358.
15. Thélohan, P. Recherches sur les Myxosporidies. Bull. Scient. de France et de Belgique. Paris. Sér. 26. 1895. p. 100—394.
16. Wegener, G. Die Ektoparasiten der Fische Ostpreußens. Dissertation. Königsberg 1910.
17. Weltner, W. Über Myxosporidien in den Eiern von Esox lucius (Henneguya psorospermica). Sitzungsber. d. Ges. Naturf. Freunde zu Berlin. 1892. p. 28—36.



Figur 6



Figur 8

Figur 7

Auerbach gez.

Die Entstehung des Breitlohmisses am Kaltenbronn.

Ein Beitrag zur Erforschung der Moorbildungen des nördlichen Schwarzwaldes.

Von Professor **Dr. Hausrath.**

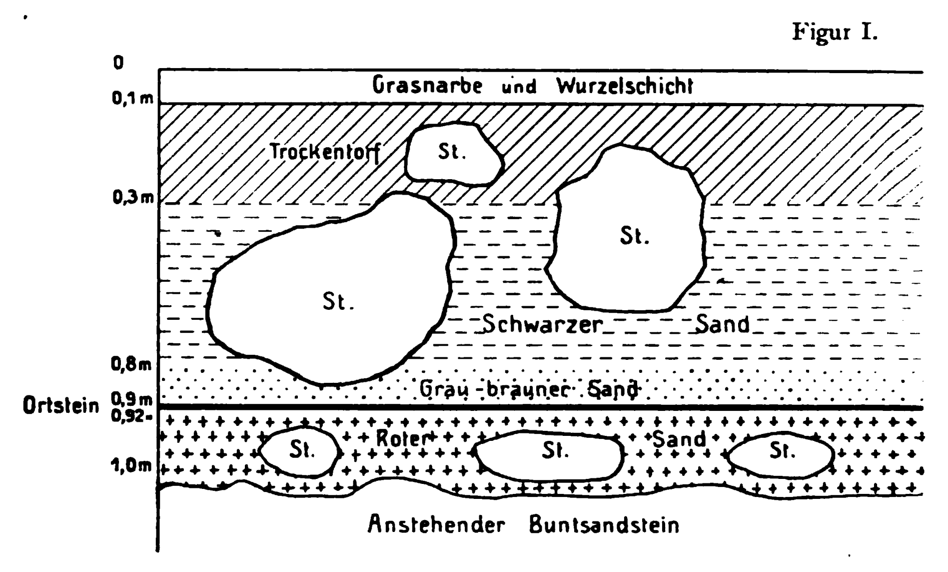
Eine im nördlichen Schwarzwald weit verbreitete Vegetationsform sind die Grinden und Misse. Sie bedecken in oft kilometerlanger Erstreckung die flachen Rücken der Buntsandsteinberge und erfüllen weite Mulden der Hochlagen, deren Ränder oft bereits wieder stattlichen Wald tragen. Der Pflanzenwuchs dieser Flächen ist dürftig, Heide und Heidelbeerkräuter wechseln mit dem weißflockigen Wollgras, den starren Büscheln des Borstengrases, Binsen und Torfmoos, und darüber verteilt stehen Gruppen und Horste buschiger Latschen (Pinus montana) und vereinzelte kümmernde Fichten und Birken. Das geübte Auge des Botanikers freilich findet in dem niederen Pflanzenteppich noch eine Reihe interessanter Arten, wie Sonnentau, Moosbeere, Krähenbeere.

Die Hauptverbreitung dieser Formationen liegt über 800 m, d. h. im Gebiet der höchsten Niederschlagsmengen, ihre Entstehung hängt mit diesen eng zusammen. Die Grinden und Misse sind Moore oder Flächen, die sich im Übergang von Wald oder Weide zu Moor befinden. Aber gleich von vorneherein sei bemerkt, daß ihre Bildung durchaus nicht immer und überall ein naturnotwendiger Prozeß ist, vielmehr ist diese Entwicklung in vielen Fällen erst durch menschliche Eingriffe ausgelöst worden.

Zunächst bei den eigentlichen Grinden, die die langen Rücken und die Kuppen einnehmen. Hier ist die Moorschicht meist nur von geringer Mächtigkeit, sie tritt nur ortweise klar zutage, dazwischen liegen oft große Strecken, die wenigstens in trockenen Zeiten eher einer dürftigen Bergwiese oder Weide gleichen. Ihre eigentliche Beschaffenheit erkennt man erst durch Bodeneinschläge. Figur I gibt das Profil von der Hornisgrinde eines solchen wieder. Unter der Grasnarbe, deren Wurzeln in einer dunklen Modererde stecken, liegt zunächst eine 20 cm starke Torfschicht.

Dieser Torf besteht aus den umgewandelten Resten von Gräsern, Beerkräutern, Heide, Fichten und Kiefern, wobei die beiden letzteren Arten verhältnismäßig selten vertreten sind. Eingeweht finden sich auch die Blütenpollen anderer Bäume. Unter dem Torf folgt eine hier 50 cm starke Schicht sehr humosen schwarzen Sandes mit sehr schlecht erhaltenen Pflanzenresten, dann eine 10 cm starke Lage eines gebleichten graubraunen humushaltigen Sandes und unter diesem eine nur 2 cm dicke Schicht festen Ortsteines. Dieser lagert auf dem roten Sand, dem unveränderten Verwitterungsprodukt des nur wenig tiefer anstehenden Buntsandsteines. Brocken dieses finden sich reichlich in allen Schichten,

Figur I.



Bodenprofil von der Hornisgrinde in der Nähe des neuen Turmes.
St. = Steine.

über dem Ortstein sind sie meist gebleicht, auch oft von einer bräunlichen humushaltigen Kruste überzogen.

An anderen Stellen tritt der Buntsandstein als Blockgeschiebe zutage, wieder an anderen ist die Torfschicht mächtiger, auch kleine Moortümpel kommen vor. Aber es überwiegt doch der durch unsern Aufschluß klargelegte Aufbau.

Es ist ein regelrechtes Ortsteinbodenprofil, wie sie den Forstwirten nur zu gut bekannt und von ihnen gefürchtet sind, denn sie bieten sehr ungünstige Produktionsbedingungen. Die Torflage ist die Ursache der Verarmung der Oberschichten und der Bildung des harten für die Wurzeln undurchdringlichen Ortsteines

in der Tiefe. Sie selbst aber ist hier in der Regel die Folge der Weidewirtschaft. Wie schon 1831 Bühler in seinem noch heute lesenswerten Büchlein über die Versumpfung der Wälder geschildert hat, trieb man im ausgehenden Mittelalter den Wald auf diesen Flächen, die wegen der geringen Bodenneigung für die Weide besonders geeignet waren, ab, oder brannte ihn gar nieder. Das Wiederaufkommen des Waldes wurde vielfach schon allein durch den Verbiß des Viehes verhindert, wo das nicht reichte, griff man wieder zum Feuer. Das Brennen der Flächen war aber auch darum nötig, weil sich immer wieder dem Vieh nicht zusagende Gewächse, Heide und Beerkräuter, einfanden und das Gras überwucherten. Das Brennen macht nun aber die mineralischen Nährstoffe des Bodens löslicher, beschleunigt also die Auslaugung der Oberschichten, es bewirkt auch oft eine Bodenverdichtung. Damit waren die Bedingungen für die Entstehung von Trockentorf gegeben und die Vermoorung eingeleitet. Daß diese auf den Rücken, wo immer ein erheblicher Teil der Niederschläge abfließt und der Wind austrocknend wirkt, nur langsam fortschreitet, ist leicht erklärlich.

Seitdem die Weide aufgehört hat, siedeln sich auf den Grinden, zumal wenn eine Entwässerung stattgefunden, wieder Bäume in größerer Zahl an, vorwiegend sind es Legforlen, Fichten und Birken. Ausgedehnte Bestände dieser Art finden wir nach den Mitteilungen Feuchts auf dem Kniebis. Eine gedeihliche Entwicklung wird ihnen aber nur dort beschieden sein, wo die Auslaugung noch nicht weit vorgeschritten, andernfalls werden es Krüppelbestände bleiben, die schließlich doch der Vermoorung erliegen. An sich wäre es wohl möglich durch die Zufuhr von Kalk den Boden zu verbessern und durch die Einmischung von Buchen gesunde Bestände zu erzielen, aber die Kosten lassen ein solches Vorgehen durchaus unwirtschaftlich erscheinen, zumal ein Teil der Grinden schon nah an der natürlichen Waldgrenze liegt, die wir für den nördlichen Schwarzwald wohl zwischen 1200 und 1300 m anzusetzen haben.

Die Misse liegen mehr in den Mulden und auf flachen geschützten Einhängen. Bei ihnen tritt der Moorcharakter deutlich zutage, denn wenn wir im wesentlichen auch die gleichen Pflanzen finden, wie auf den Grinden, so wiegen doch die Torfmoose weit vor. Sodann sind die Misse viel nässer, in Regenzeiten oft gar

nicht betretbar. Die Torfschichten erreichen in ihnen eine Mächtigkeit von 10 m und mehr.

Weitverbreitet ist die Ansicht, daß die Misse aus verlandeten Seen entstanden seien und abhängige Gelände erst nachträglich infolge ihres Wachstums in Besitz genommen haben. Zuzugeben ist, daß diese Erklärung für viele Misse zutrifft, am Hohlohsee, am Hornsee können wir diese Vorgänge direkt beobachten, an den meisten anderen Seen des nördlichen Schwarzwaldes, z. B. am Herrenwieser See sehen wir die Anfangsstadien der Vermoorung, in dem ein mehr oder minder breiter Saum von Seggen, Torfmoosen, Binsen den Übergang von dem eigentlichen Ufer zum offenem Wasser bildet. Oft stehen auf ihm einzelne Birken und Fichten, für den Menschen ist er nur in Trockenzeiten zugänglich. Die blinden Seen, z. B. im Biberkessel am Nordostabfall der Hornisgrinde, zeigen uns das Endergebnis, das fertige Hochmoor. Von den Mooren des Tieflandes unterscheiden sie sich dadurch, daß nach der Verlandung nicht erst ein Grünlandmoor sondern sofort das echte Hochmoor auftritt. Das hängt mit der Nährstoffarmut der Seen zusammen, welche das Aufkommen anspruchsvollerer Gräser verhindert. Andere Misse entstanden aus Wäldern, in denen starke Trockentorfschichten zur Ablagerung gekommen waren. Diese selbst waren wohl meist die Frucht einer sorglosen Waldwirtschaft, die zur Verlichtung der Bestände ohne Nachwuchs auf dem Boden führte. Auf den Trockentorfschichten entwickelten die Torfmoose ein lebhaftes Wachstum, die Bäume aber kümmerten immer mehr und waren sie rings um den Stammanfang vom Torfmoos umwachsen, so starben sie wegen Mangels an Luft im Boden ab, faulten und stürzten um. Über ihre Reste wuchs dann das Moor empor.

Etwas anders war die Entstehung des Breitlohmisses und da die vieler andern Misse ähnlich gewesen ist, wollte ich mir heute erlauben, Ihnen diese auf Grund einer Untersuchung zu schildern, die ich während der letzten beiden Jahre, unterstützt von Herrn Professor Dr. Helbig, ausgeführt habe, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank hierfür aussprechen möchte. Auch den beiden Vorständen des Forstamts Kaltenbronn, dem verstorbenen Forstmeister Dr. Ebert und dem Herrn Oberförster Kettner, bin ich für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen zu großem Dank verpflichtet.

Den Anstoß zu diesen Untersuchungen gab die Streitfrage, in welcher Reihenfolge die Holzarten nach der letzten Eiszeit bei uns wieder eingewandert seien und zwar im besondern bezüglich der Fichte. Hier ist die von mir früher vertretene Ansicht, daß sie zu den ersten Einwanderern gehörte, von Hoops[1] auf Grund der Untersuchungen norddeutscher und skandinavischer Moore angefochten worden. In Nordwestdeutschland ist allerdings die Fichte offenbar erst in sehr junger Zeit eingewandert, in Ostpreußen und Schleswig-Holstein dagegen sehr früh, doch liegen dort die Verhältnisse sehr kompliziert, so daß ich hier nicht darauf eingehen möchte. Für die Schweiz haben dagegen die umfassenden Untersuchungen von Früh und Schröter gezeigt, daß sie zu den frühesten Einwanderern gehörte. Mir lag nun daran, womöglich für den Schwarzwald eine Klärung dieser Frage zu erreichen. Die Torfmoore aber bilden gewissermaßen die Archive der Vegetationsgeschichte. Denn Dank der antiseptischen Wirkungen der Humussäuren finden wir in ihnen Reste der früheren Pflanzendecke in noch bestimmbarem Zustand, auch wenn seit der Ablagerung der Schichten mehr als 1000 Jahre vergangen sind. Insbesondere ist es der Pollenstaub, der uns die Kenntnis der früheren Flora vermittelt, denn bei seinem geringen Gewicht konnte er aus größerer Entfernung vom Winde beigetragen werden, er vertritt also die Flora eines größeren Gebietes, während schwere Teile in der Regel nur von Pflanzen erhalten blieben, die auf und um dem entstehenden Moor wuchsen.

Das Breitlohmiß, das ich für diese Untersuchung wählte, liegt südlich vom Hohlohturm in einer Meereshöhe von 970 bis 980 m. Die von der Vermoorung ergriffene Fläche beträgt etwa 30 Hektar, in der Nord-Südrichtung ist sie 860, in der Ost-Westrichtung 540 m lang. Vom Hohlohmiß wird unser Moor nur durch eine wenige Meter hohe Bodenschwelle getrennt, sein Südende liegt da, wo das Gefälle stärker und damit die natürliche Entwässerung energischer wird. In den Jahren 1837—40 wurde das Breitlohmiß, wie die anderen Moore dieser Gegend, oberflächlich durch Anlage einiger Gräben entwässert, die Torfbildung beschränkte sich daher seitdem auf einzelne nässere Flächen, der größte Teil überzog sich mit Heide und die Legföhren und

[1] J. Hoops, Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum, 1905.

Fichtengruppen, die bis dahin wohl nur kümmerlich vegetiert hatten, entwickelten sich kräftiger und dehnten sich aus. Von 1888—1895 wurde Streutorf gewonnen und zu diesem Zweck ein Weg hindurchgebaut, der so ziemlich die tiefsten Stellen des Moores schneidet. Da außerdem die Gräben vertieft und vermehrt wurden, war die Entwässerung eine energische, was sich auch darin zeigt, daß in der Nähe des Weges die Torfschichten stark zusammensanken.

Die Proben für die mikroskopische Untersuchung wurden in dem verlassenen Torfstich gewonnen. Die Bearbeitung dieses Materials rief bei mir bald Zweifel daran hervor, daß dieses Miß, wie ich bisher angenommen, aus einem verlandeten See entstanden sei. Denn einmal fanden sich selbst im Untergrund Holzkohle und ähnliche Spuren von Bränden in solcher Menge, daß der Gedanke an eine Einschwemmung abgewiesen werden mußte. Zweitens enthält diese Schicht eine Menge starker Baumstöcke von Tannen, Fichten, Kiefern und Birken, die nicht wohl auf dem nahrungsarmen Torf eines verlandeten Sees gewachsen sein konnten. Dafür war ihre ganze Entwicklung viel zu kräftig. Auch die nunmehr nächstliegende Vermutung, daß ein Moor in den Wald hereingewachsen und diesen begraben habe, wird durch das Aussehen der Stöcke widerlegt. Denn auch dann müßten die Bäume eine Periode des Kümmerns durchgemacht haben und es müßten sich die typischen nach oben zugespitzten Formen finden lassen, welche die Stümpfe stehend abgefaulter Stämme aufzeigen. Sie entstehen dadurch, daß der Stamm dort am raschesten abfault, wo er gerade aus dem Moor hervorsieht, darüber und darunter langsamer. Sodann müßten doch auch Teile der gestürzten Bäume im Torf eingeschlossen sein. Nichts von alle dem ist der Fall, vielmehr weist alles darauf hin, daß der Bestand von Menschen mit Axt und Feuer zerstört worden ist.

Dieser Befund machte es mir wünschenswert, eine Untersuchung des ganzen Moores und seines Untergrundes vorzunehmen. Sie geschah mit von Jasmin in Hamburg bezogenen Hohlbohrern, deren Gestänge bis auf 6 m verlängert werden kann. Dabei wurde der Torf in Schichten von 20—25 cm Stärke gewonnen, jede Schicht für sich ausgehoben, an Ort und Stelle von mir untersucht und die erforderlichen Proben für die genauere Prüfung ausgewählt, um sie gegen zu starkes Austrocknen zu

schützen, in Pergamentpapier eingewickelt und genau etikettiert Außerdem wurden die Bohrergebnisse natürlich sofort sorgfältig registriert. Die Bohrungen verliefen im ganzen glatt. Zuerst freilich hatten wir mancherlei Schwierigkeiten, weil das ursprüngliche von der Fabrik gelieferte Gestänge zu schwach und sein Eisen zu weich war, kam der Bohrer auf Holz, und das war nicht so sehr selten der Fall, so verbog sich das Gestänge beim Herausziehen oder der Bohrer glitt ab, das Loch wurde schief und mußte nun nachgebohrt werden. Am Ende des ersten Tags saß der Bohrer so fest in einem 3 m unter der Oberfläche befindlichen Wurzelstock, daß wir ihn zu viert kaum herausbrachten. Als wir dann das Gestänge auseinander nahmen, war das Gewinde an einer Verbindungsstelle gerissen, es hätte also nicht viel gefehlt, daß der Bohrer ganz stecken geblieben wäre. Nachdem daraufhin ein stärkeres Gestänge angefertigt war, fielen diese Mißstände so ziemlich hinweg. Große Sorgfalt muß natürlich darauf verwendet werden, daß die Bohrung genau senkrecht erfolgt. Auch dann bringt der Bohrer beim Heraufziehen meist etwas Material aus den oberen Schichten mit, das beim Streifen der Wände an dem Bohrer hängen bleibt. Um Fehler zu verhüten, darf daher stets nur der eigentliche Bohrkern zur Untersuchung benützt werden.

Die Bohrungen wurden immer soweit geführt, daß Proben des lettigen Untergrundes gewonnen wurden. Nach Beendigung der Bohrungen nahmen Professor Helbig und ich noch ein Nivellement der Nord-Süd- wie der Ost-Westrichtung auf. Die Ergebnisse sind in Figur II dargestellt.

Wir haben also kein Seebecken vor uns, sondern eine Talmulde, die von Ost und West nach der Mitte hin einfällt, in der nordsüdlichen Längsrichtung ursprünglich 11 m, d. h. rund 1,3 % Fall besaß. Diese Neigung reichte natürlich vollkommen zum Abfluß der Regenmengen aus. Durch die entstandenen Torfschichten ist dies Gefälle nicht aufgehoben, sondern nur anders verteilt worden, sie haben sich also im allgemeinen dem Untergrund angeschmiegt.

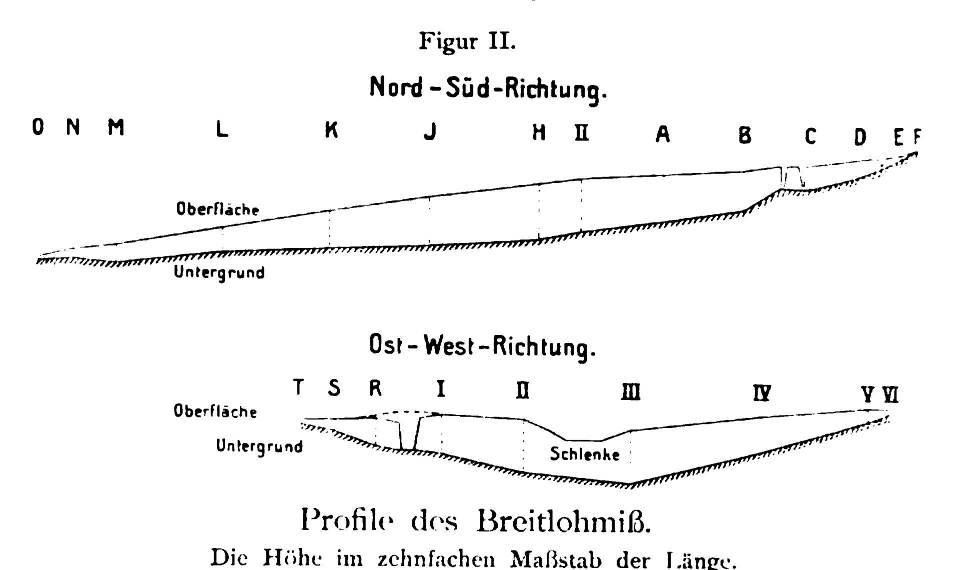
Zwischen den Stationen M. und N. zeigt der Untergrund allerdings ein Gegengefälle. Wahrscheinlich lag hier die tiefste Stelle seitlich, so daß doch der Abfluß möglich war. Wenigstens

hat längs des durch das Breitlohmiß gelegten auch ungefähr nordsüdlich ziehenden Torfweges der Erdboden durchweg Fall.

Aber selbst wenn bei M. ein kleiner Tümpel bestanden haben sollte, kann dieser nicht die Ursache der Vermoorung gewesen sein. Denn sonst müßte über ihm das Moor doch annähernd die größte Mächtigkeit besitzen, es müßte dann auch viel weiter nach Süden vorgeschritten sein und es würden sich keine Kohlen im Untergrund gefunden haben.

Das zweite Profil zeigt uns einen kleinen Tümpel — eine sogenannte Schlenke — wie sie auf fast allen Mooren zu finden sind. Es sind Oberflächenbildungen, meist so entstanden, daß in einer vorhandenen kleinen Vertiefung auf dem Moore das Wasser

Figur II.



Profile des Breitlohmiß.
Die Höhe im zehnfachen Maßstab der Länge.

sich sammelte. In ihm entstand dann eine Algenvegetation, die das weitere Wachstum der Torfmoose hinderte, die Umgebung wuchs dagegen immer mehr in die Höhe, so daß die Schlenke dadurch tiefer wurde.

Daß in unserm Fall es sich nicht um die Reste eines verlandenden Sees handelt, zeigt wieder die Tatsache, daß die Bohrungen am Rande der Schlenke immer Kohlen im Untergrunde feststellten, dagegen nicht die geringsten Reste von Schilf, Seggen oder sonstigen Pflanzen der Verlandungsflora, sondern nur Heide, Torfmoos, Wollgras und ähnliche Arten enthielten.

Eine soweit als möglich an den Ostrand der Schlenke vorgeschobene Bohrung ergab als tiefste Torfschicht: Sphagnumreste.

Birkenholz, Wurzeln und Blüten von Calluna, Grasblattreste, unbestimmbares Holz, Pollen von Vaccinien, Kiefer, Fichte, Birke, Buche, das Ganze gemengt mit Holzkohle und Sand. Darunter stand direkt die Lehmschicht an.

Längs des Torfweges sind die Schichten infolge der Austrocknung stark eingesunken. Die mutmaßliche Oberfläche des unberührten Moores ist durch die gestrichelte Linie angedeutet.

Betrachten wir zunächst den Aufbau des Moores. Auf dem Buntsandstein liegt eine sandige Lehmschicht, die am Torfweg etwa 30 cm stark ist. Die unteren 15 cm sind hellgelbgrau, sie enthalten einige Pflanzenreste, die nicht mehr sicher zu bestimmen waren, möglicherweise stammen sie von Scirpus caespitosus. Nach oben wird der Lehm infolge der Beimengung von Humus und Holzkohle immer dunkler, die oberste Lage ist sogar direkt schwarz. Diese oberen 15 cm enthalten Wurzelstöcke, Holz und Rinde von Tanne, Fichte, Kiefer, Legföhre und Birke.

Die darüber liegenden Torfschichten erreichen an den tiefsten Stellen eine Mächtigkeit von 5 m. Die untersten Lagen sind noch reichlich gemischt mit Holzresten und Kohlenstückchen. Wo das Moor eine größere Mächtigkeit hat, ist die Vertorfung dieser untersten Schichten eine vollkommene, von den erwähnten Holzeinschlüssen abgesehen, läßt sich die Struktur der vertorften Pflanzen nicht mehr erkennen; auch die mikroskopische Untersuchung erlaubte nur noch die Pollen verschiedener Holzarten aus der gleichförmigen Grundmasse ausscheiden.

Die höheren Torfschichten wechseln in der Farbe von dunkelbraun bis hellgelbbraun, sie sind um so heller, je höher, d. h. im allgemeinen je jünger sie sind. Daß aber die Farbe und somit auch der Grad der Vertorfung nicht einfach eine Funktion des Alters ist, zeigt die tabellarische Übersicht I, in der die Bohrergebnisse einer Reihe von Probelöchern dargestellt sind. An einer Stelle war der helle Sphagnumtorf sogar 2,2 m mächtig. Da hier eine starke Schwefelwasserstoffentwickelung auftrat, ist vielleicht eine nachträgliche Ausbleichung anzunehmen. Die Pflanzen, aus denen der Torf entstand, sind in diesen Schichten noch immer zu erkennen. Den Hauptteil bilden Torfmoose; Wollgras und Hecht — Scirpus caespitosus — sind fast überall reichlich beigemengt, ja in einzelnen Schichten wiegen sie sogar gegenüber dem Torfmoos vor, sehr häufig finden sich auch Reste

von Heidekraut, Heidel- und Preißelbeeren, Holz, Nadeln und Zapfen der Legföhre.

Die oberste Schicht ist stark zersetzt und von den Wurzeln der jetzigen Pflanzendecke durchzogen. Sie hat den Charakter der Moorerde. Ihre Mächtigkeit wechselt sehr, was offenbar von dem Grad der Entwässerung während der letzten Jahrzehnte abhängt.

Hervorheben möchte ich noch, daß sich eine Reihe von Brandschichten fanden, von denen eine über den größten Teil des Moores zu verfolgen war.

Die Entstehung des Breitlohmisses verlief also folgendermaßen. Einst stand hier ein schöner Hochwald von Tannen, Fichten und Kiefern, dem vielleicht auch Buchen und Eichen nicht ganz fehlten, denn Pollen derselben fanden sich in den tiefsten Schichten und die Buche wächst heute noch in der nächsten Umgebung. Sicher war auch die Birke vorhanden. Dieser Bestand wurde niedergehauen und das Holz wenigstens zum Teil auf der Fläche verbrannt. Nunmehr stellte sich ein Überzug von Heidekraut ein, dazwischen wohl auch Gräser süße wie saure — und allmählich eine zweite Waldgeneration, die aber wesentlich lichter, ja überhaupt geringwüchsiger war. Die Tanne war in ihr schon viel seltener, dafür fand sich die Legföhre ein. Denn der an sich schon wenig durchlässige Boden würde infolge der Bloßlegung und des Brennens verdichtet, seine Nährstoffe aber von den hohen Niederschlägen — 1500 mm — ausgewaschen, er verarmte.

Auch dieser Wald wurde wieder durch Feuer vernichtet, ja das Abbrennen der Fläche offenbar noch häufig wiederholt. Damit gewann denn die Heide die Oberhand, zwischen ihr siedelten sich Legföhren, und in kleinen Mulden Torfmoose an. Als dann unter der Heide eine starke Trockentorflage entstanden war, dehnten sich die Torfmoose immer mehr aus, da das nasse Klima ihnen sehr günstig war, sie überzogen die ganze Fläche, die Moorbildung setzte ein und griff dann bald auch über die Ränder der ursprünglichen Fläche hinaus.

Diese Entwickelung war nun freilich ihren Urhebern schwerlich erwünscht, denn sie hatten offenbar eine Weide schaffen wollen, Heide und Torfmoos aber geben ein herzlich schlechtes Futter. Bei ihrer Unkenntnis der Ursachen suchten sie wieder durch Brennen die Heide und das Torfmoos zu verdrängen. Sie erzielten damit aber natürlich nur Augenblickserfolge. Denn die

Süßgräser und der Klee, welche im ersten Jahr nach dem Brand in größerer Zahl auftraten, verschwanden sofort wieder, als die Asche ausgelaugt war, sie unterlagen dann von neuem der Konkurrenz jener anspruchsloseren Gewächse. Vor allem wurden die Torfmoose durch das Brennen auf die Dauer begünstigt. Denn wie man an jedem Torfstich sehen kann, sind die Brandschichten für das Wasser wenig durchlässig, sie bilden gewissermaßen Quellenhorizonte, auf denen die Sickerwasser austreten. So nahm die Vermoorung immer mehr zu, und das vorübergehende Emporkommen der Gräser beruhte eben lediglich darauf, daß durch die Einäscherung der Oberschichten eine zeitweilige Vermehrung der aufnehmbaren Nährstoffe bewirkt wurde. Diese mußte aber mit jeder Wiederholung des Brennens geringer werden, weil immer ein beträchtlicher Teil der Aschensalze ausgewaschen und mit dem Sickerwasser entführt wurde. Die natürliche Folge war eine ständig weitergehende Verschlechterung der Weide.

Hervorheben möchte ich noch, daß die Legföhre sich offenbar immer auf der Oberfläche des Misses erhielt, wie Funde von Zapfen, Holz und Nadeln, ferner von den Kokons einer Blattwespe zeigen, die in den verschiedensten Lagen gemacht wurden.

In der geschilderten Weise ist das Breitlohmiß bis zum Jahre 1790 mißhandelt worden, erst damals wurde das Weidebrennen von der badischen Regierung im ganzen Lande untersagt. Bis zu den Entwässerungen um 1840 konnten sich dann die Torfmoose ungestört ausdehnen, diese aber begünstigte durch die Abtrocknung der Oberfläche das Heidekraut, die Legföhren und Fichten. In erhöhtem Grade war dies der Fall als der Torfweg angelegt und die Gräben für die Streutorfgewinnung vertieft wurden. Seit dann vor etwa 15 Jahren der Torfstich aufgelassen wurde, füllen sich die Abzugsgräben wieder mit Torfmoosen, die Vernässung nimmt wieder zu und auch in den zwischen den Gräben liegenden Partien gewinnen die Sphagnene mehr und mehr die Oberhand.

Bleibt also das Miß sich selbst überlassen, so wird im Laufe einiger Jahrzehnte die Torfbildung von neuem im vollsten Gang sein.

Schon im Untergrund ließen sich in den Pollen Eiche, Buche, Birke, Bergkiefer, Föhre, Fichte und Tanne feststellen, die drei letzteren Arten sowie die Birke sind auch durch Holzreste ver-

treten, Eichenholz — ein kleiner Zweig — fand sich in der tiefsten Torfschicht. Alle Arten sind auch in fast jeder Tiefe des Torflagers gefunden worden, die wenigen vorhandenen Lücken werden sich bei der Durchsicht weiterer Proben gewiß schließen. In einer Schicht fand sich auch Holz einer Weide und zweimal Haselnußpollen. Über die Funde in den dem Torfstich entnommenen Proben gibt Tabelle II Aufschluß.

Für die Vegetationsgeschichte des nördlichen Schwarzwaldes folgt aus der Untersuchung, daß schon vor Beginn der Torfbildung alle heute hier vorkommenden Bäume vorhanden waren. Nun erhebt sich freilich die weitere Frage, wie lange Zeit ist denn seit der Bildung der ältesten Schichten verflossen. Darüber kann ich nur Vermutungen mitteilen. Zunächst ist festzustellen, daß sich keine Spur jener Grenztorfschicht fand, die in vielen norddeutschen Mooren wiederkehrt und gewissermaßen einen festen Horizont bildet.

Diese Grenztorfschicht besteht in der Hauptsache aus den Resten von Wollgras, Heidekraut, Vacciniumarten, auch Birken und Kiefern sind oft an ihrer Bildung beteiligt gewesen. Der unmittelbar unter ihr liegende Torf zeigt deutlich die Spuren einer weitgehenden Zersetzung, sein Zustand entspricht dem der Oberschichten in seit langer Zeit entwässerten Mooren. Die Entstehung dieser Schicht ist auf eine säkulare Trockenperiode im Verlauf der seit der letzten Eiszeit verstrichenen Jahrtausende zurückzuführen. L. A. Weber, der beste Kenner der deutschen Torfmoore, setzt ihr Ende in die jüngere Steinzeit und veranschlagt ihre Dauer auf rund 1000 Jahre[1].

Haben wir somit eine obere Grenze des Alters für unser Miß, so können wir eine untere nur aus der Mächtigkeit der Torfschicht und der Geschwindigkeit ableiten, mit der die Moore wachsen. Nur ist diese leider nicht bekannt und wohl auch örtlich sehr verschieden. Das Wachstum der Sphagneen an der Oberfläche beträgt 2—3 cm jährlich, bei der Vertorfung wird diese Länge aber auf einen bescheidenen Bruchteil reduziert und zwar um so mehr, je länger es geht und je mächtigere Schichten darüber liegen. Ramann glaubt durchschnittlich nur 1—2 mm rechnen zu dürfen, das ergäbe in unserm Fall 2500—5000 Jahre.

[1] Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 1910, Heft 2.

Angesichts des lockeren Aufbaues, den die Torfschichten des Breitlohmiß zeigen, halte ich aber 2 mm für viel zu nieder und glaube, wir müssen mindestens 5—7 mm rechnen, d. h. einen Zeitraum von 700—1000 Jahren unterstellen. Da seit 1840 der Zuwachs infolge der Entwässerung jedenfalls nur noch minimal gewesen ist, würde der Anfang der Torfbildung etwa um 1100 anzusetzen sein, d. h. in die Zeit, in der das mittlere Murgtal stärker besiedelt wurde. Die im lehmigen Untergrund enthaltenen Pflanzenreste können natürlich noch erheblich älter sein.

Nachdem wir so die Vergangenheit dieser Moorbildung kennen gelernt haben, mag noch ein kurzer Ausblick in die Zukunft folgen. Es ist ja bekannt, daß in den letzten Jahren die Moorkultur in Deutschland große Fortschritte gemacht hat, daß zurzeit in Preußen umfangreiche Meliorationen und Siedelungen auf Mooren geplant sind. Die Möglichkeit verdanken wir den Arbeiten der Moorkulturversuchsanstalt, die gezeigt haben, daß eine nur 50—60 cm tiefe Entwässerung bei starker Düngung genügt, um auf dem sonst unveränderten Moor Äcker und Wiesen oder Weideflächen von hervorragender Qualität zu schaffen, deren Erträge mit denen der besten Böden wetteifern und die Anlagekapitalien zu 8 % und mehr verzinsen. Aber bei der Höhenlage unserer Misse und Grinden wird weder Ackerbau noch Wiesenwirtschaft empfohlen werden dürfen, beide würden unter den Frösten, die noch bis in den Juni auftreten, zu leiden haben, und die Heuernte wäre durch die hohe Niederschlagsmenge in Frage gestellt, zumal die dünne Bevölkerung schon jetzt kaum ausreicht, um die vorhandenen Wiesen rechtzeitig abzuernten.

Verlockend sind ja auch die Berichte über die industrielle Ausnutzung der Moore in neuerer Zeit. So ist auf dem Auricher Wiesmoor in den letzten Jahren ein Werk entstanden, das den an der Luft getrockneten Torf vergast und mit dem Gas elektrische Kraft gewinnt. Aus 1000 kg Torf werden 600 Pferdekraftstunden erhalten, im Jahr sollen 5000000 Kilowattstunden erzeugt werden, die weithin das Land mit Licht und Kraft versorgen. Als Nebenprodukt werden aus den 1000 kg Torf 30 kg schwefelsaures Ammoniak gewonnen, deren Erlös allein die Anlagekosten deckt. Für solche Betriebe aber sind unsere Misse zu klein, die Werke würden nicht nachhaltig arbeiten können. Eher ist es vielleicht möglich, wenn durch die Murgwasserkraft-

anlagen billige elektrische Kraft geliefert werden kann, den Torf mit deren Hilfe rasch zu trocknen und transportfähig zu machen. Dann würde die Gewinnung von Streutorf wieder aufgenommen werden können. Denn diese scheiterte bisher lediglich an der Schwierigkeit des Trocknens, das in feuchten Jahren nicht gelang und überhaupt die Kosten des Betriebs sehr vermehrte, so daß der Streutorf sich teurer stellte, als der aus Holland bezogene. Eine Aufforstung ist ebenfalls ausgeschlossen, denn die Waldanlagen auf unabgetorftem Moor gedeihen nicht, es müßte ihnen eine intensive Entwässerung und starke Düngung vorausgehen. Den hierfür erforderlichen Aufwand kann aber die Waldwirtschaft nie wieder herauswirtschaften. Es sind die Aussichten auf eine Ausnutzung und Melioration der Misse also keine günstigen, wahrscheinlich werden sie in ihrem jetzigen Zustand erhalten bleiben. Aber auch dann erfüllen sie eine wichtige Aufgabe, in dem sie den Abfluß der großen Niederschlagsmengen regeln, ihn auf längere Zeit verteilen.

Diese Anschauung ist freilich in der neuesten Zeit von Schreiber und auf Grund von dessen Beobachtungen von Zanen angefochten worden. Ja, der letztere geht sogar soweit, den Mooren einen nachteiligen Einfluß auf den Wasserstand der Bäche und Flüsse zuzuschreiben, indem sie in nassen Zeiten vor allem bei der Schneeschmelze am meisten Wasser abfließen ließen, in den trockenen Zeiten die Feuchtigkeit aber festhielten.

Das ist insofern ja ganz richtig, als natürlich auch die Moore nur dann Wasser abgeben können, wenn reichliche Niederschläge gefallen sind und als ihre Aufnahmefähigkeit eine mit der Jahreszeit wechselnde, aber doch immer nur begrenzte ist. Ist sie erschöpft, so muß in geneigten Lagen das überschüssige Wasser zum Abfluß kommen, in ebenen füllt es die Gräben und Moortümpel, die Schlenken, und sickert aus diesen durch das Moor hindurch. Die Wasserabgabe des Moores besteht eben darin, daß jenes Wasser, das von den Torfmoosen nicht festgehalten werden kann, durch das Moor hindurchsinkt, bis es auf eine undurchlässige Schicht stößt, auf der es sich dann sammelt und in der Gefällsrichtung abfließt. Dieser Teil kommt dann meist der Quellbildung zugut, ihm verdanken die tiefer gelegenen Hänge einen großen Teil ihrer Feuchtigkeit und damit auch oft ihrer Fruchtbarkeit.

Der springende Punkt aber, den Zanen ganz übersehen hat, ist die Zeit, welche der Wasserabfluß auf dem Moor und auf Kulturgelände in Anspruch nimmt. Den oberirdischen Abfluß verzögern auf dem Moore die vielen Unebenheiten, das Durchsinken der Moos- und Torfschichten geht noch viel langsamer vor sich, noch tagelang nach dem Ende einer Regenperiode sind alle Zwischenräume zwischen den einzelnen Moospflanzen vollkommen mit Wasser angefüllt.

Zudem können die Beobachtungen Schreibers nicht als allgemeingültig angesehen werden, denn sie sind gemacht an den Randgräben, welche den unberührten Teil des Sebastiansberger Moors von dem im Abbau befindlichen trennen. An diesen ist aber der Torf natürlich der Austrocknung ausgesetzt, trockener Torf aber nimmt nur sehr schwer Wasser auf. Der Betrag, welcher hier zum Abfluß kommt, muß also viel größer sein, als im geschlossenen, wachsenden Moore.

Es wird also doch die alte Ansicht richtig sein, daß die Moore der Gebirge zwar nicht gegen große Hochwasserkatastrophen aber doch gegen das rasche Anschwellen der Bäche nach Wolkenbrüchen und ähnlichen Ereignissen Schutz gewähren, und somit erscheint die Erhaltung der größeren Schwarzwaldmisse als solche, ganz zweckmäßig. Ein Übergreifen derselben auf benachbartes Gelände läßt sich durch Anlage tiefer Umfassungsgräben verhüten.

Auch vom Standpunkt des Naturfreundes ist die Erhaltung der Misse zu begrüßen, sowohl weil sie eine Anzahl botanischer Seltenheiten bergen, die bei einer Trockenlegung unrettbar verloren wären, als weil sie selbst eine interessante Vegetationsformation bilden, deren Entstehung, wie wir sehen, vielfach vom Menschen verursacht wurde, deren weitere Entwickelung sich aber nach ihren eigenen — natürlichen — Gesetzen vollzog.

Anhang.

Zur Technik der Torfuntersuchungen.

Die Untersuchung des Torfes auf die Pflanzen, aus denen er entstanden ist, beginnt mit der Trennung der größeren makroskopisch erkennbaren Reste, von der völlig vertorften Masse und deren kleinen nur mikroskopisch bestimmbaren Einschlüssen. Auch bei der Bestimmung jener größeren Pflanzenteile ist selbstverständlich die Benützung des Mikroskopes meist unumgänglich.

Für diese Trennung ist die Aufschlämmung des Torfes notwendig. Hierfür fand ich in der mir zugänglichen Literatur nur die von Nathorst und Anderson erfundene Methode beschrieben. Diese gehen so vor — Bot. Zentralblatt LIV 1893 p. 196 —, daß sie den Torf möglichst frisch und feucht in eine ca. 30% Salpetersäurelösung einlegt, und darin 24—48 Stunden beläßt. Darauf wird die Masse aufgeschlämmt, mit der Hand zerbröckelt und durch ein Sieb von 1,8 mm Lochweite gegossen. Zur Untersuchung wird nur verwendet, was im Siebe liegen bleibt, und was in diesem und dem Schlämmgefäße oben aufschwimmt. Es sind dies meist Samen und Früchte, die infolge der Einwirkung der Salpetersäure mit Luftblasen erfüllt, daher schwimmfähig geworden sind. Die Salpetersäure bewirkt auch eine Bleichung der Pflanzenteile, die Behandlung damit kann daher zur Erleichterung der Bestimmung auch noch einmal wiederholt werden. Für diese empfiehlt übrigens Anderson auf die Schlämmung zu verzichten und direkt aus der erweichten Torfmasse mit Pinsel und Präpariernadel die Untersuchungsobjekte herauszuarbeiten. Formlose Torfpartikeln sollen auf Pollen und dergleichen mikroskopisch durchsucht werden. Wird geschlämmt, so geht nach meinen Erfahrungen wohl die Mehrzahl der Pollen durch das Sieb in den Abguß, dessen Untersuchung daher ratsam ist.

Wo die Bleichung der Blätter durch die Salpetersäure nicht genügt, empfiehlt Anderson, nach einem Vorschlag Schröters, mäßiges Kochen mit der Schultzeschen Flüssigkeit. Diese kann auch dienen um Vergleichsmaterial zu gewinnen, in dem man

rezente Pflanzenteile 1—2 Minuten darin kocht. Dadurch werden nach Anderson nur jene Gewebeteile zerstört, die auch dem natürlichen Vertorfungsprozeß erlegen wären (?).

Anfänglich habe ich nach diesem Verfahren gearbeitet, obwohl es mir nicht möglich war, den Torf immer frisch zu analysieren, da die Untersuchung der ganzen Schichtenserien neben den laufenden Arbeiten des Semesters, d. h. während einigen Nachmittagen jeder Woche erfolgen mußte. Die von Anderson vorgeschlagene Aufbewahrung unter Wasser war wegen der Transportverhältnisse und der Menge des zu untersuchenden Torfes ausgeschlossen. Das Material war daher vielfach schon sehr trocken geworden. Weiter hat die Benutzung von Salpetersäure den Nachteil, daß die Humussäuren — absorptiv ungesättigte Humuscolloide Ramanns — als flockiger Niederschlag ausgefällt werden, so daß das mikroskopische Bild getrübt wird.

Dieser zweite Umstand war es, der mir den Gedanken nahelegte, eine entgegengesetzte Methode zu suchen, d. h. die Humussäuren durch Verwendung alkalischer Lösungen auszuwaschen. Auch Anderson erwähnt, daß Kali und Natronlauge zum Lockern benützt werden können, doch soll das Einlegen nur wenige Stunden dauern. Auch hierbei habe ich mich wertvoller Ratschläge seitens des Herrn Professor Dr. Helbig erfreuen dürfen. Ich kam schließlich zu folgendem so einfachen und naheliegenden Verfahren, daß ich annehmen möchte, es sei auch andern Forschern lange bekannt und es nur mitteile, weil ich, wie gesagt, in der Literatur nichts darüber gefunden habe.

Der Torf wird in Stücken von etwa 1 cbdcm gewonnen und diese in eine schwache Ammoniakwasserlösung eingelegt, und wenn sie völlig erweicht, mit der Hand vorsichtig zerkleinert. Dabei müssen alle noch etwas festeren Teile unversehrt wieder in die Lösung eingelegt werden, damit nicht durch Reißen eine Beschädigung der Pflanzenreste erfolge. Mit Hilfe von verschieden weiten Sieben kann die erweichte und zerkleinerte Masse in Größenklassen zerlegt werden. Jede dieser wird dann gesondert weiter mit Ammoniakwasser ausgewaschen, indem man das Material in dieses einlegt, so daß es vollkommen bedeckt ist. Auch die feinsten Teilchen setzten sich dann als ein Schlamm auf den Boden, so daß es möglich ist, mit Hebern oder Pipetten die Flüssigkeit ohne nennenswerten Materialverlust zu entfernen, und

das Auswaschen zu wiederholen. Damit fährt man fort, bis die Ammoniaklösung sich nur noch ganz schwach gelblich färbt. Dann kann die eigentliche Untersuchung des Materials beginnen.

Das Auswaschen der Humussäuren nimmt bei diesem Vorgehen oft lange Zeit — bis zu 14 Tagen — in Anspruch, aber es sind dafür Beschädigungen der Pflanzenreste — wie sie durch Salpetersäure leicht verursacht werden — ausgeschlossen. Bei sehr stark vertorften Massen — z. B. den lebertorfartigen Grundschichten des Weingartner Wiesenmoores oder den tiefsten Proben aus dem Breitlohmiß — zeigte sich die Verwendung von 0,2 % Kalilauge zur ersten Aufschließung als arbeitsfördernder. Zur weiteren Bearbeitung habe ich aber auch bei solchen Proben später immer Ammoniak vorgezogen und auch mit diesem allein gute Erfolge gehabt. Selbstverständlich müssen die Gefäße sorgfältig zugedeckt werden, damit keine fremden Objekte eingeweht werden.

Tabelle I. zu S. 10.

Beschaffenheit des Torfes.

Bohrloch (vergleiche die Profile)	O m	N m	M m	L m	K m	J m	H m
Zersetzter Torf = Moorerde . . .	0—0,2	0—0,1	0—0,1	0—0,1	0—0,2	0—0,1	0—0,1
Heller Sphagnum-Fasertorf	—	0,1—0,25	0,1—1,0	0,1—1,0	0,2—2,2[1]	0,1—0,5	0,1—0,8
Dunklerer Sphagnum-Fasertorf . . .	—	0,25—0,50	1,0—1,5	1,0—2,4	2,2—2,8	0,5—2,9[2]	0,8—2,6
Dunkelbrauner Sphagnum-Fasertorf . .	—	—	—	—	2,8—3,4	2,9—4,4	2,6—4,5
Strukturloser braunschwarzer Torf .	—	—	—	—	—	4,4—4,7	4,5—5,0

Noch Tabelle I.

Bohrloch (vergleiche die Profile)	A m	B m	C m	D m	E m	T m	S m
Zersetzter Torf = Moorerde . . .	0—0,2	0—0,1	0—0,3	0—1,6[4]	0—0,4	0—0,15	0—0,05
Heller Sphagnum-Fasertorf	0,2—1,1	0,1—1,1	—	—	—	—	0,05—0,80
Dunklerer Sphagnum-Fasertorf . . .	1,1—2,3	1,1—2,1	0,3—2,1[3]	—	—	—	0,80—1,0
Dunkelbrauner Sphagnum-Fasertorf . .	2,3—4,3	2,3—3,1	—	—	—	—	1,0—1,1
Strukturloser braunschwarzer Torf .	4,3—4,4	3,1—3,5	—	—	—	—	—

Noch Tabelle I.

Bohrloch (vergleiche die Profile)	R m	I m	II m	III m	IV m	V m	VI m
Zersetzter Torf = Moorerde . . .	0—0,1	0—0,3	0—0,1	0,—0,15	0—0,05	0—0,10	0—0,10
Heller Sphagnum-Fasertorf	0,1—0,95	0,3—1,1	0,1—1,1	0,15—1,0	0,05—0,6	0,1—0,5	0,1—0,2
Dunklerer Sphagnum-Fasertorf . . .	0,95—2,2	1,1—2,3	1,1—2,3	1,0—2,6	1,0—2,6	0,5—1,15	0,2—0,5
Dunkelbrauner Sphagnum-Fasertorf . .	2,2—2,5	2,3—3,6	2,3—4,7	2,6—5,0	2,6—3,5	—	—
Strukturloser braunschwarzer Torf .	—	—	4,7—5,0	5,0—5,1	3,5—3,6	—	—

Erläuterungen: Der Torf war fast überall mit Resten von Wollgras und Heidekraut durchsetzt, trotzdem ist er im ganzen als Fasertorf anzusprechen. Die Zahlen bedeuten Meter.

[1] An dieser Stelle trat Schwefelwasserstoff in auffälliger Menge auf. Vielleicht hängt damit der Erhaltungszustand zusammen.

[2] Bei 1,8 m war der Torf wieder etwas heller gefärbt als darüber und darunter.

[3] Bis zu 1 m zeigen sich Spuren der Zersetzung.

[4] Die tiefgehende Zersetzung erklärt sich aus der Nähe des Entwässerungsgrabens.

Übersicht der Holzartenreste in den Torfproben aus dem alten Torfstich.

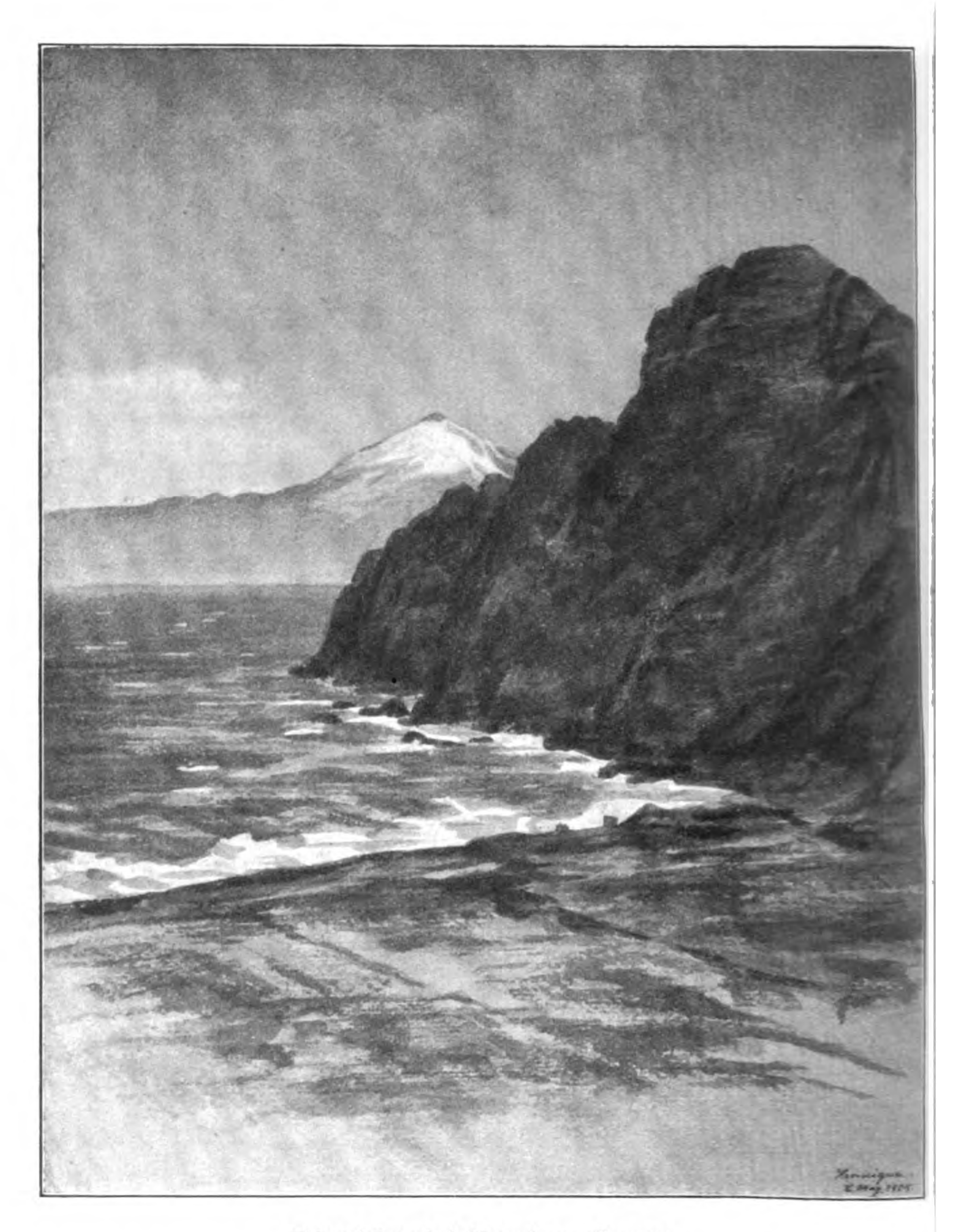
Tabelle II zu S. 13.

Schicht	Eiche	Buche	Birke	Sonstiges Laubholz	Legföhre	Kiefer	Fichte	Tanne
Untergrund	P.	P.	R. P.	—	P.	H. P.	P. H.	P.
Übergangsschicht	P.	P.	H. P.	—	P.	R. P. K.	P. H.	H. P.
Unterster Torf (1,90—2,16 m) .	H. P.	P.	H. R. B. P.	Weidenholz	H. P.	H. P. R.	H. P.	H. P.
Torf aus 1,44—1,90 m . . .	P.	P.	H. P.	—	H. F. P. R.	H. R. B. P.	P.	P.
» » 1,20—1,44 » . . .	P.	P.	H. P.	—	H. P.	H. P.	H. B. P.	H. P.
» » 0,96—1,20 » . . .	—	P.	H. P.	—	P. F.	H. R. P.	P.	P.
» » 0,60—0,96 » . . .	P.	P.	P.	—	P. F.	H. P.	P.	P.
» » 0,36—0,60 » . . .	P.	P.	P. H.	Haselpollen	P. H. R.	P.	P.	P.
» » 0,12—0,36 » . . .	P.	P.	P.	»	H. P.	P.	P.	P.
Oberste Schicht	P.	P.	H. P.	—	H. P.	H. P.	P.	P.

Erläuterungen:

B. = Blätter oder Nadeln, H. = Holz, K. = Kohle, R. = Rinde, P. = Pollen, F. = Früchte.

Die Untersuchung erfolgte in Schichten von 12 cm Stärke, die in der Tabelle gruppenweise zusammengefaßt sind.



Felsenküste bei Hermigua, Gomera

GOMERA

die Waldinsel der Kanaren

Reisetagebuch eines Zoologen

von

WALTHER MAY

Mit 39 Abbildungen nach Aquarellen, Zeichnungen und Photographien von Clara May, 4 Abbildungen nach Photographien von Curt Gagel und 4 Kartenskizzen

Vorwort

Im Winter 1907/08 unternahm ich eine zoologische Studien- und Sammelreise nach der kanarischen Insel Gomera, über deren Verlauf und Ergebnisse ich in dieser Arbeit berichte. Die Großherzoglich badische Regierung bewilligte mir auf Befürwortung der Herren Geh. Rat Dr. Engler und Geh. Hofrat Dr. Nüßlin einen Reisezuschuß aus der v. Kettnerschen Stiftung, wofür ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank ausspreche. Für die Bestimmung meiner Sammlungen bin ich den folgenden Herren zu Dank verpflichtet: Dr. Graf Attems-Wien (Myriopoden), Dr. Augener-Hamburg (Polychaeten), Prof. Dr. Budde-Lund-Kopenhagen (Isopoden), Prof. Dr. Escherich-Tharandt (Lepismatiden), Prof. Dr. Forel-Yvorne (Formiciden), Prof. Dr. Handlirsch-Wien (Hemipteren), Dr. Hartmeyer-Berlin (Ascidien), Dr. Henglein-Karlsruhe (Gesteine), Dr. Herzog-Darmstadt (Bryophyten), Heydrich-Wiesbaden (Kalkalgen), Dr. Krauß-Tübingen (Orthopteren), Dr. Kuntzen-Berlin (Coleopteren), Prof. Dr. Lauterborn-Ludwigshafen (Süßwassertiere), Dr. Leschke-Hamburg (Heliciden), Dr. Lindinger-Hamburg (Cocciden), Prof. Dr. Michaelsen-Hamburg (Oligochaeten), Prof. Dr. Paulcke-Karlsruhe (Gesteine), Dr. Pax-Breslau (Anthozoen), Major Reinbold-Itzehoe (Algen), Dr. Rikli-Zürich (Phanerogamen), Prof. Dr. Schenck-Darmstadt (Pteridophyten und Phanerogamen), Prof. Dr. Schroeter-Zürich (Phanerogamen), Prof. Dr. Simroth-Leipzig (Limaciden), Dr. Steindachner-Wien (Pisces), Dr. Steiner-Wien (Lichenen), Dr. Steinhaus-Hamburg (Decapoden), Dr. Strand-Berlin (Arachniden), Prof. Dr. Weltner-Berlin (Spongien und Cirripedien). Weitere Unterstützung durch Ratschläge und Überlassung literarischer Hilfsmittel verdanke ich den Herren Kunstmaler Baumeister-Karlsruhe, Dr. Hennings-Karlsruhe, Buchhändler Jahraus-Straßburg, Prof. Dr. Kraepelin-Hamburg, Apotheker Kuhnt-Friedenau, Custos Lampe-Wiesbaden, Präparator Leist-

Karlsruhe, Prof. Dr. Plate-Jena, Dr. Reh-Hamburg und Dr. Zimmer-Breslau. Herr Prof. Dr. Gagel-Berlin überließ mir freundlichst vier Photographien der Caldera von La Palma zur Wiedergabe in dieser Arbeit, für die übrigen Abbildungen bin ich meiner Schwester, Frl. Clara May-Cassel, zu Dank verpflichtet. Endlich sei auch Seiner Exzellenz dem Gouverneur der kanarischen Inseln, Herrn Santos y Ecay, und dem deutschen Konsul zu Santa Cruz de Tenerife, Herrn Ahlers, für die Erleichterungen, die sie mir während meines Aufenthalts auf den Kanaren zuteil werden ließen, sowie allen denen, die mir durch Rat und Tat während meiner Gomerafahrt beigestanden haben, von ganzem Herzen gedankt.

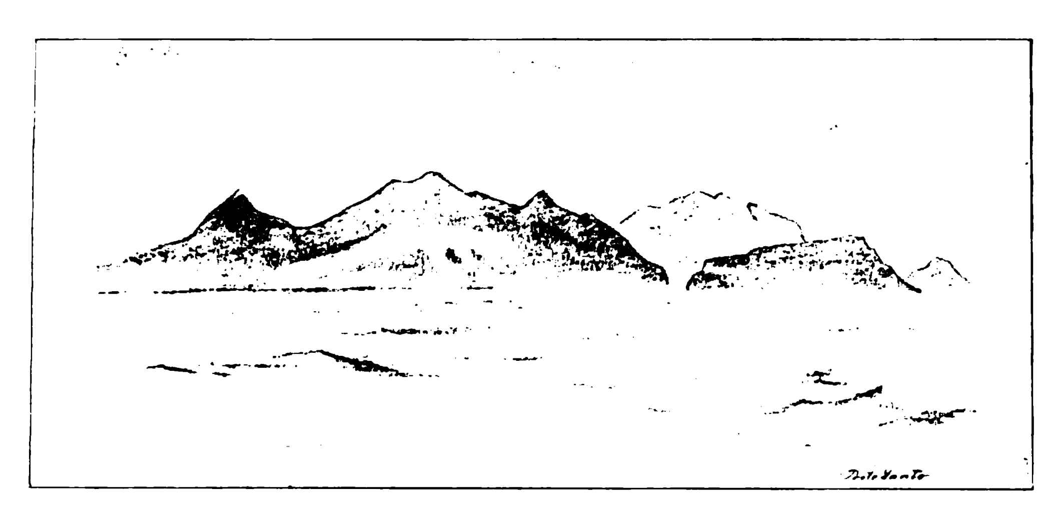
Über die Ergebnisse meiner Sammlungen sind bis jetzt die folgenden beiden Arbeiten erschienen: Pax, Aktinien von Gomera (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. 45, 1909) und Strand, Arachniden von der kanarischen Insel Gomera (Archiv für Naturgeschichte, 1911, I, 2). Über die Limaciden wird Herr Prof. Simroth im Nachrichtenblatt der deutschen malakozoologischen Gesellschaft berichten, über die Myriopoden hat Herr Dr. Graf Attems eine kleine Arbeit vorbereitet.

Karlsruhe, im Dezember 1911

Walther May

Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen



Porto Santo

Erstes Kapitel

Von Hamburg nach Gomera

Seit den Tagen Alexander von Humboldts sind die kanarischen Inseln ein bevorzugtes Reiseziel der Naturforscher gewesen. Aber keineswegs alle Glieder dieses atlantischen Archipels erfreuten sich gleicher Beachtung. Während Teneriffa, Gran Canaria und La Palma die Zoologen und Botaniker immer von neuem lockten, haben die übrigen Inseln nur vereinzelte Forscher für längere Zeit zu fesseln vermocht, und besonders das urwaldbedeckte Felseneiland Gomera hat unter einer fast sträflichen Vernachlässigung zu leiden gehabt. Im Jahre 1862 schrieb der Botaniker Bolle folgendes über diese Insel: »Kaum gibt es gegenwärtig unter den zivilisierten ein unbekannteres Land. Vernachlässigt von den eigenen Herren, verrufen bei den Nachbarn und von ihnen gescheut, kaum gestreift von dem Forscherblick der Wissenschaft und von ihrem Fuß unbetreten, arm und unfrei, scheint jener horror sylvarum, der Gomera umlagert, scheinen die dichten Schatten der es einhüllenden Urwälder auch die Klarheiten des Jahrhunderts von ihm fernhalten zu wollen.« Diese Worte haben zum Teil noch heute ihre Geltung, und sie waren es, die mich veranlaßten, gerade diese Insel zu längerem Aufenthalt zu erwählen, als sich mir Gelegenheit zu einer Reise nach den Kanaren bot.

Gomera liegt unter dem 28.° nördlicher Breite, ist von rundlicher Gestalt, domförmig aufgebaut und erhebt sich in dem Rücken

des Alto de Garajonay zu einer Höhe von 1340 Metern. Seine größte Länge in der Richtung von Osten nach Westen beträgt etwa 25, seine größte Breite in der Richtung von Norden nach Süden etwa 22 Kilometer. Von dem mit urwüchsigem Lorbeer- und Baumheidewald bedeckten Hochplateau steigen nach allen Seiten tief eingeschnittene Täler, Barrancos, bis zur Küste hinab, wo sie sich in sandigen Buchten öffnen. Die Barrancos sind im Winter von oft stark angeschwollenen Bächen durchflossen, die auf Steinen und Felsblöcken überschritten oder durchwatet werden müssen, da Brücken und Stege nicht existieren. Ebensowenig sind Landstraßen vorhanden, nur schlechte, mit Steingeröll bedeckte Maultierpfade. An den Küsten stürzen die Felsen in steilen, bis zu 600 m hohen Klippen zum Meere ab. Die Insel zählt gegen 15000 unter spanischer Herrschaft stehende Einwohner, die auf zwei Städte, San Sebastian mit 3000 und Valle Hermoso mit 5000 Bewohnern, und einige dreißig Dörfer und Weiler verteilt sind. Sie leben größtenteils von Ackerbau, Viehzucht und Fischerei. Bananen, Tomaten, Kartoffeln und ein anderes, »Ñame« genanntes Knollengewächs (Colocasia esculenta), Feigen, Orangen, Weizen, Gerste und Mais werden angebaut, und zahlreiche kanarische Palmen (Phœnix jubae) zieren die Täler. Kleine Fruchtdampfer vermitteln den Verkehr zwischen den Küstenorten. Von den überseeischen Dampfern wird dagegen Gomera nicht angelaufen, und der Reisende muß von Santa Cruz, der Hauptstadt Teneriffas, mit einem kleinen Lokaldampfer über La Palma und Ferro nach Gomera fahren, was fast zwei Tage dauert, obgleich Gomera in gerader Richtung nur etwa 25 Kilometer von Teneriffa entfernt liegt.

Am Freitag, den 1. November 1907, früh halb neun Uhr, begab ich mich mit meiner Schwester an Bord des Dampfers »Hans Woermann«, der am Petersenkai in Hamburg vor Anker lag und uns nach Teneriffa bringen sollte. Da sich die Abfahrt, die auf neun Uhr festgesetzt war, um drei Stunden verzögerte, so hatten wir reichlich Muße, das Leben und Treiben im Hafen zu beobachten. Vom Hinterdeck des Schiffes aus sahen wir vor uns den Woermanndampfer »Thekla Bohlen«, der an Back- und Steuerbord Kisten und Bretter einlud, die vom Kai und aus einem Boot mit dem Krahn in die Luft gehoben und dann in die unerschöpflich scheinende Tiefe des Dampfers hinabgelassen

wurden. Links von uns lag der Dampfer »Swakopmund«, der Kohlen einnahm. In ununterbrochener Folge wand der Flaschenzug die beladenen Körbe aus dem Kohlenkahn auf Deck, wo sie ausgeladen und leer wieder hinabgelassen wurden, um von neuem gefüllt und unter dem eintönigen Rasseln der Maschine wieder aufgewunden zu werden. Hinter »Swakopmund« ragten die Masten von »Ella Woermann« empor, auf der alles Leben erstorben schien. Weiter hinaus konnte der Blick nicht dringen, es war ein echter trüber Hamburger Novembertag mit schwerem Himmel und nebliger, rauchgeschwängerter Luft.

Um zwölf Uhr mittags wurden die Anker gelichtet, und langsam führte der kleine Schleppdampfer das Schiff bis zu den St. Pauli-Landungsbrücken, wo er es der eigenen Bewegungskraft überließ. Die Höhen von Blankenese zogen vorüber, um von flachen Ufern abgelöst zu werden. Gegen drei Uhr, als das Schiff bei Hohenhorst angelangt war, rasselte der Anker wieder in die Tiefe, und der Woermanndampfer schickte sich an, Pulver einzunehmen, das im Hamburger Hafen nicht geladen werden durfte. Mehrere Stunden lang arbeitete der Krahn, um das in unzähligen kleinen Fäßchen verpackte Pulver in Körben aus zwei Kähnen in den Lagerraum unseres »Hans« zu befördern. Die Besorgnisse der Passagiere, mehrere Wochen lang auf einem mit Explosionsstoffen gefüllten Untergrunde wandeln zu müssen, wurden von kompetenter Seite durch die Versicherung beschwichtigt, daß das als Tauschgegenstand für die afrikanischen Neger bestimmte Pulver zur Hälfte aus Elbsand bestehe, so daß man ruhig ein Streichholz hineinhalten könne.

Erst um zwölf Uhr nachts erfolgte die Weiterfahrt; als ich aber gegen acht Uhr früh das Deck betrat, lag das Schiff in der Gegend von Kuxhafen bereits wieder still. Alles war in undurchdringlichen Nebel eingehüllt, der sich aber glücklicherweise in einer halben Stunde lichtete, so daß wir bei schönem Wetter in die Wesermündung einfahren konnten, gefolgt von zahlreichen Möven, deren eleganter Flug das Auge entzückte. Um halb zwei Uhr gingen wir bei Nordenham gegenüber Bremerhafen vor Anker, um neue Ladung einzunehmen, und blieben hier bis zum nächsten Morgen liegen. Wir hatten so Gelegenheit an Land zu gehen und in der kleinen, von einem Deiche geschützten Stadt, bei der sich ein Kabelwerk befindet, einige Einkäufe zu

machen und im Hafen ein großes, prachtvoll getakeltes Segelschiff, das neben unserem »Hans« lag, zu besichtigen.

Am folgenden Tag, den 3. November, wehte ein sehr kalter Wind, doch war der Himmel klar und sonnig, als wir die Reede von Nordenham verließen. Gegen ein Uhr wurde der Rote Sandleuchtturm passiert, und der Bremer Lootse verließ auf schwankendem Kahn unsern Dampfer, um von dem Lootsenschiff aufgenommen zu werden. Zur Linken sah man die flachen Gestade der friesischen Inseln.

Am 4. November hatten wir sehr ruhige See und klaren, tiefblauen Himmel. Wir sahen zunächst nichts als Himmel und Wasser, bis gegen zehn Uhr Hoek van Holland auftauchte, jene berühmte »Spitze von Holland«, bei der wenige Monate vorher der schreckliche Untergang des Dampfers »Berlin« stattgefunden hatte. Jetzt lag das Meer glatt wie ein Spiegel da, und man konnte sich keine Vorstellung von dem Wüten der Elemente machen, wie es damals geherrscht haben mußte. Wir fuhren in die Mündung der neuen Maas ein, die zwischen flachen, grünen Geländen mit Windmühlen und holländischem Fleckvieh ruhig dahinfließt. Inmitten des Flusses wurde gegen Mittag unser Schiff an drei Bojen befestigt, und nun wanderte das in der Elbe eingeladene Pulver, das in den Hafen von Rotterdam trotz seines Sandgehaltes nicht eingeführt werden durfte, wieder aus dem Bauche unseres »Hans« heraus und wurde in zwei Kähnen, die durch die rote Pulverflagge gekennzeichnet waren, in einer kleinen Bucht des Flusses beigelegt, um hier drei Tage lang liegen zu bleiben, bis es auf der Rückfahrt wieder in die Tiefen unseres Schiffes zurückkehren durfte. Sodann setzten wir unsere Flußfahrt fort und langten gegen fünf Uhr im Rijnhafen von Rotterdam an, wo wir uns bei Sonnenuntergang an dem schönen, malerischen Hafenbild erfreuten.

Der dreitägige Aufenthalt in Rotterdam ermöglichte mir, die alte holländische Handelsstadt nach allen Richtungen hin zu durchstreifen. Sie bot gerade damals infolge des großen Hafenarbeiterstreiks ein eigenartiges Bild. In den Straßen am Hafen standen die ausständigen Arbeiter zu hunderten müßig, aber durchaus ruhig umher; kleine Trupps von Soldaten mit aufgepflanztem Bajonett durchzogen, von je einem Polizisten geführt, die Straßen; in schlichte Mäntel eingehüllte, berittene Husaren,

an deren Uniform man die blanken Knöpfe unserer deutschen Truppen nicht ungern vermißte, hielten an manchen Punkten Wache. Ungeheure Warenmassen lagen an den Kais unter freiem Himmel aufgespeichert, und manche der schönen Kanäle, die die Stadt nach allen Richtungen hin durchziehen, waren durch die Menge der in Untätigkeit versetzten Fahrzeuge fast verstopft. Trotz der Stockung der Arbeit, die überall zu bemerken war, machten aber doch Hafen und Stadt den Eindruck regen, flutenden, aber in ungewöhnliche Bahnen eingelenkten Lebens.

Über den breiten Maasstrom führt eine kolossale Eisenbahnbrücke und daneben eine Brücke für Wagen und Fußgänger. Über sie gelangte ich auf die große Flußinsel Nordereiland, von der aus ich schöne Blicke auf die von zahlreichen Schiffen belebte Maas genoß. Heimatgedanken wurden wach, als der Frachtkahn »Erbgroßherzog von Baden« der »Neuen Karlsruher Schiffahrtsaktiengesellschaft« vorüberzog.

Bei meinen stundenlangen Streifereien durch die Stadt erfreute ich mich an den sauberen holländischen Häusern mit ihren eleganten Türen und großen Schiebefenstern, bewunderte die alten, schmalen Häuser in der Hoogstraat, das elfstöckige Wittehuis, den mächtigen Eisenbahnviadukt, der die Stadt durchzieht und die drei Windmühlen, die sich mitten in der Stadt erheben, besichtigte auch pflichtgemäß das Museum Boymans mit seinen wenig bedeutenden Gemälden, den zoologischen Garten, wo mich ein Urang-Utan freundschaftlich begrüßte, das Erasmusdenkmal sowie den Brunnen, der auf dem neuen Markt zur Erinnerung an die Unabhängigkeitserklärung der Niederlande steht, wo mich die Schulkinder umtanzten und wissen wollten, ob ich ein »Englishman« oder ein »Germanman« sei.

Für alles das nahm ich das schlechte Pflaster der holländischen Hafenstadt und die noch schlechteren Nächte auf dem Schiff gern in Kauf. An Schlafen war nicht zu denken wegen des ununterbrochenen Ladens und Rasselns der Maschine. Ich ging um drei Uhr nachts an Deck und sah unter mir das Fahrzeug, aus dem der Krahn die Ballen mit Torfmull, der in Teneriffa zum Verpacken der Früchte verwendet wird, heraushob. Ich sah auch die zahlreichen Kisten mit Schnaps, die hier zur Vergiftung unserer schwarzen Landsleute in Afrika eingeschifft wurden, und die Kisten mit Kalkpfeifen, die als Tauschmittel

für die Neger und Negerinnen nach dem dunkeln Erdteil verfrachtet werden.

Als ich zum letzten Mal in den Straßen von Rotterdam umherwanderte, wurde ich abends von einem so dichten Nebel überrascht, daß ich mich nur mit Schwierigkeit zu dem Fährboot zurückfinden konnte. Im Hafen hörte man von allen Seiten ein ohrenzerreißendes Tuten, Pfeifen und Läuten, die einzigen Mittel, durch die das kleine Fahrzeug seine Bahn zurücklegen konnte. Ich war froh, als ich glücklich wieder an Bord des »Hans« angelangt war, der am Freitag, den 8. November, früh 9 Uhr, gerade acht Tage nach seiner Abfahrt von Hamburg, den Rotterdamer Hafen verließ, das Pulver in der Maas wieder einnahm und dann bei schönstem Wetter dicht an dem Leuchtturm von Hoek van Holland vorbei in die Nordsee hinausdampfte. Die Mondsichel glänzte am Himmel, und ich stand an der Spitze des Schiffes und schaute gedankenvoll in die Ferne über die endlose Wasserfläche, die sich vor mir ausbreitete.

Am 9. und 10. November passierten wir den Kanal bei heiterem Himmel und ruhiger See. Von den gefürchteten Nebeln dieses Wasserarmes blieben wir verschont. Als wir auf der Höhe der Insel Wight angekommen waren, umtanzte eine Schar Delphine das Schiff, über deren possierliche Sprünge sich die Passagiere, die sie für Haifische hielten, halb tot lachen wollten. Am Sonntag, den 10. November, wurde gegen 10 Uhr früh die Insel Ouessant mit ihrem Leuchtturm sichtbar, und vier Signalflaggen wurden an der Spitze unseres Schiffes gehißt. Wir fuhren nun fast zwei Tage an der Mündung des Golfes von Biskaya entlang, ohne jedoch weder von seinem Golfcharakter noch von seinen berüchtigten Stürmen etwas zu bemerken. Wir sahen nichts als Himmel und Wasser, und die See war, von der Dünung abgesehen, sehr ruhig. Auch hier bemerkten wir wieder Delphine am Bug des Schiffes. Die Höhe der Straße von Gibraltar wurde am 13. November gegen sechs Uhr abends erreicht, und am nächsten Tag fuhren wir längs der marokkanischen Küste hin, ohne jedoch etwas von ihr zu sehen. Plötzlich tauchte gegen vier Uhr die Insel Porto Santo wie ein verzaubertes Eiland an Steuerbord aus dem Meere auf, und wir genossen zwei Stunden lang den Anblick ihrer scharf umrissenen, spitzen, kegelförmigen Berge und kleinen vorgelagerten Felsen,

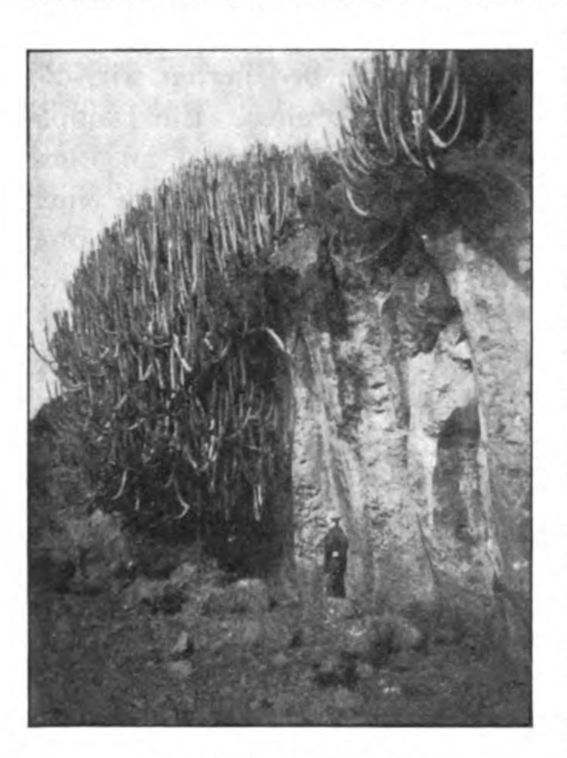
nachdem wir fast vier Tage nichts als Himmel und Wasser gesehen hatten.

Nach einer weiteren Stunde, gegen sieben Uhr abends, sah ich den Leuchtturm an der Ostspitze von Madeira. Wir fuhren längs der Ostküste der Insel hin, deren Umrisse in der Dunkelheit nur schwach zu erkennen waren, und gingen um neun Uhr abends im Hafen von Funchal vor Anker. Die zahllosen Lichter der Stadt, die vor dem dunkeln Hintergrund der Berge erglühten, boten einen prachtvollen Anblick, aber doch bedauerten wir, die Insel nicht am Tage sehen und betreten zu können. Ein Dampfboot fragte an, ob der Arzt noch am selben Abend an Bord kommen solle, was bejahend beantwortet wurde. Nach einer halben Stunde legte das Boot mit dem Arzte an unserem Dampfer an, und die Papiere wurden geprüft. Dann folgte ein Boot mit Postbeamten, die zwei große Briefsäcke in Empfang nahmen, darauf ein Boot mit Zollbeamten, und endlich erkletterten noch mehrere Händler das Schiff, um Stickereien und Ansichtskarten feilzubieten. Es ging aber alles sehr ruhig und ohne die bekannte südländische Lebhaftigkeit von statten. Zwei Passagiere wurden ausgebootet, drei neue eingeschifft. Um drei Uhr nachts erfolgte die Weiterfahrt bei etwas Regen; die Luft war außerordentlich mild, und das südliche Klima machte sich zum ersten Male geltend.

Am nächsten Tag war Madeira den Blicken entschwunden, und wir sahen wiederum nur Himmel und Wasser, bis das Schiff am 16. November, früh fünf Uhr den Hafen von Santa Cruz de Tenerife erreichte. Ich lag noch in tiefem Schlaf als die Einfahrt erfolgte, und beim Erwachen sah ich durch das Fenster meiner Kabine die bizarren, scharf vom Himmel sich abhebenden Felsformen der Anagakette vor mir.

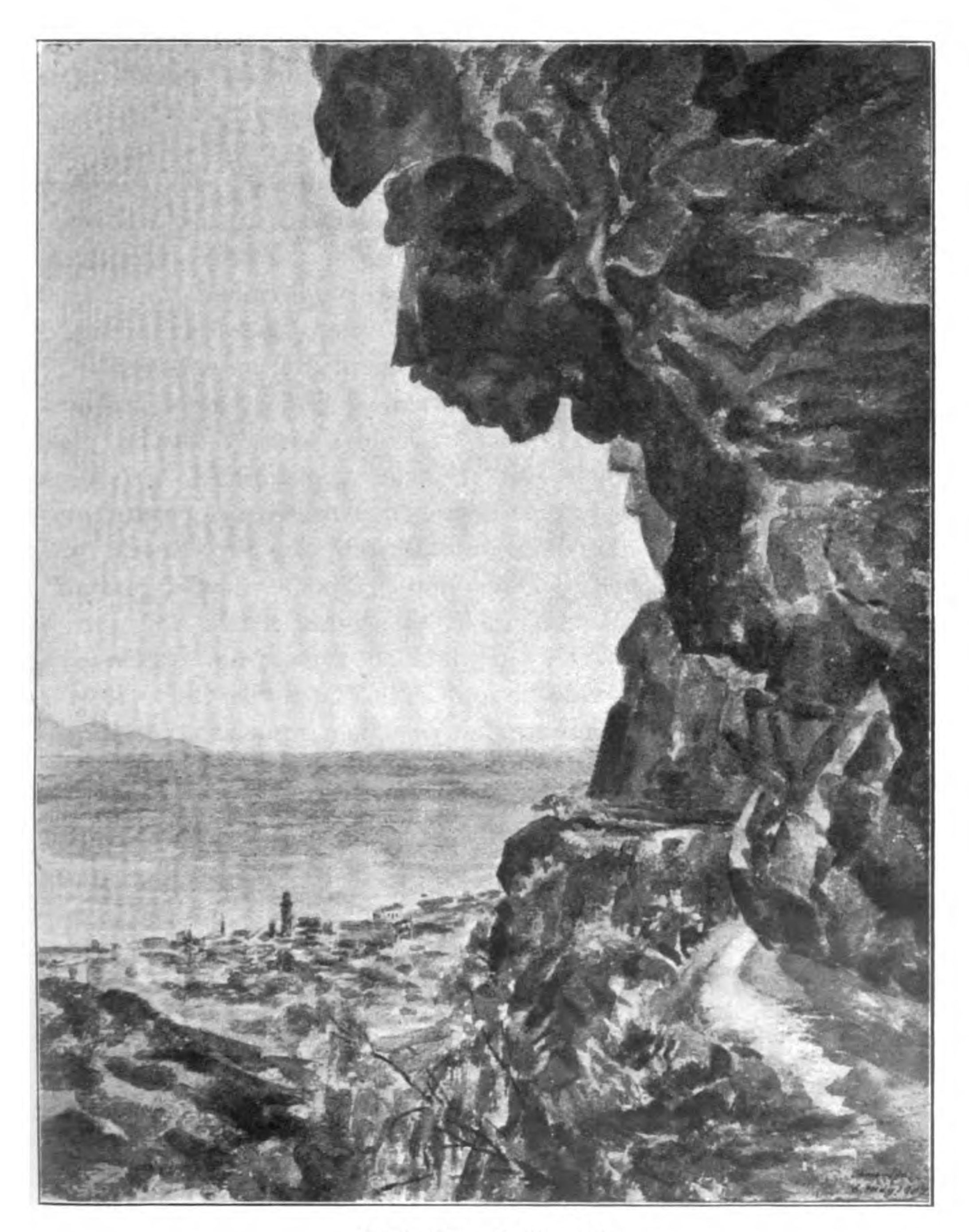
Santa Cruz, die Hauptstadt Teneriffas, ist so oft in den zahlreichen kanarischen Reisebeschreibungen charakterisiert worden, daß ich hier auf eine eingehende Schilderung verzichten kann. Die Stadt bietet mit ihren bunten, flachdachigen Häusern einen malerischen und durchaus südländischen Anblick dar. Weniger eigenartig ist der Charakter der Bevölkerung, von der nur noch die Landleute charakteristische Trachten haben, so die Männer die Manta, eine lange, bis auf die Knöchel reichende Wollendecke, die sie über die Schultern hängen. Auf der Land-

straße, die am Fuß der Anagakette längs der Küste von Santa Cruz nach dem kleinen Fischerdorf San Andres führt, begegnen dem Wanderer nicht nur Esel und Maultiere, sondern auch schwer beladene Kamele. In den künstlichen oder erweiterten natürlichen Höhlen an der Seite dieser Straße wohnen die ärmeren Leute fast ohne Hausgerät mit ihren Ziegen, Schweinen, Hunden und Hühnern zusammen. Auf die Berge bei Santa Cruz führen Pfade längs der frei über dem Boden verlaufenden gemauerten Rinnen, die das Wasser von den Höhen in die Stadt leiten; von diesen Pfaden aus genießt man prachtvolle Blicke auf die Stadt mit ihrer weißen Arena, in der Stierkämpfe abgehalten werden, auf den von zahlreichen Schiffen belebten Hafen und auf das blaue Meer, aus dem bei klarem Wetter im Hintergrund die Umrisse von Gran Canaria auftauchen. Auch die charakteristische Vegetation der Kanaren tritt hier dem Wanderer entgegen, namentlich die seltsame, säulenkaktusartige kanarische Wolfsmilch (Euphorbia canariensis), die der Botaniker Christ das Wunder der kanarischen Flora genannt hat.



Kanarische Wolfsmilch

Ich besuchte während meines sechstägigen Aufenthalts in Santa Cruz den deutschen Konsul, Herrn Ahlers, und in dessen liebenswürdiger Begleitung den Gouverneur der kanarischen Inseln, Herrn Joaquin Santos y Ecay. Am Tage nach diesem Besuch stand in den Zeitungen ein Rundschreiben der Zivil-Regierung, das meine Ankunft in der Hauptstadt meldete und den Behörden, speziell den Bürgermeistern der Provinz angelegentlich empfahl, »den Dr. Walther May zu beschützen und beschützen zu lassen, in der Erwägung, daß es ihre Pflicht sei, soweit es in ihrer Macht liege, die Erfüllung seiner Mission zu erleichtern



Santa Cruz de Tenerife

und seine Person sowie das wertvolle wissenschaftliche Material, das er mit sich führe, zu bewachen«. »Von dem anerkannten Eifer der lokalen Behörden«, so schloß das Rundschreiben, »verspreche ich mir ferner, daß sie, durchdrungen von dem außerordentlichen Werte, den solche wissenschaftlichen Forschungen besitzen, sich um die öffentliche Mitwirkung zu deren Gunsten bemühen werden, die sicher freiwillig und gern von den Einwohnern der Provinz geleistet werden wird, mit Rücksicht auf die Ehre, die sie durch den Besuch des gelehrten Professors der Karlsruher Hochschule erhalten, der zur Propaganda der Schönheiten und bevorzugten Gaben beitragen wird, die die Natur den Kanaren verliehen hat.«

Mit diesem Schriftstück in der Tasche konnte ich ruhig den Fährlichkeiten meiner Gomerafahrt entgegensehen; ich reiste mit ihm, um mit Konsul Ahlers zu reden, »wie ein Fürst«.

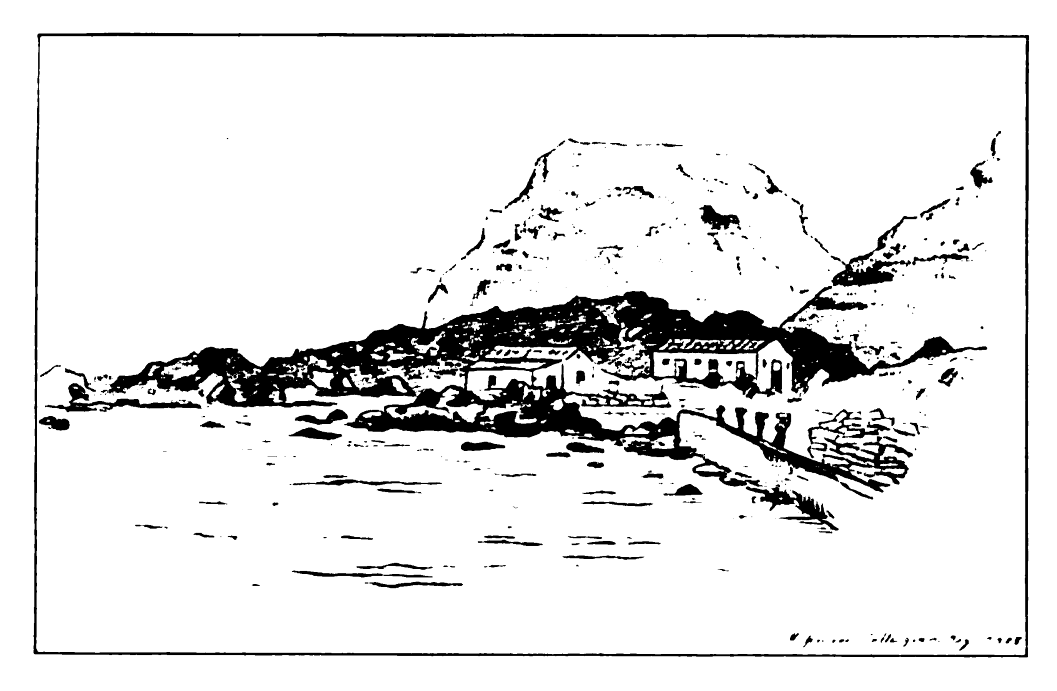
Am Donnerstag, den 21. November, traf ich die Vorbereitungen zur Reise von Teneriffa nach Gomera. Gegen neun Uhr abends erfolgte die Abfahrt des kleinen spanischen Lokaldampfers »Leon y Castillo«, der den Verkehr zwischen den Inseln vermittelt. Meine Schwester blieb zunächst in Teneriffa zurück und wollte mir später nachfolgen. Es war trübes, regnerisches Wetter, und schwere Wolken hingen über den Bergen Teneriffas, wie denn überhaupt meine Wanderungen in der Umgebung von Santa Cruz durch wolkenbruchartige Regengüsse fast immer gestört worden waren. Wir fuhren nordwärts entlang der Küste, vor der zahlreiche Fischerkähne lagen und durch Kienfeuer die Fische anlockten. Die Berge sahen ganz schwarz aus, und bei der Fahrt um die Nordostspitze der Insel brauste der Sturm dem Schiff so heftig entgegen, daß ich mich kaum auf dem Deck zu halten vermochte. Der kleine Dampfer schwankte sehr stark, und ich wurde zum ersten Male etwas seekrank. Des Sturmes müde suchte ich die kleine, neben dem Speisesalon gelegene Kabine auf, die für vier Personen bestimmt, jetzt aber von mir allein bewohnt war.

Als ich nach gutem Schlafe früh um sieben Uhr erwachte, lag das Schiff im Hafen der Hauptstadt von La Palma, die denselben Namen führt wie die Hauptstadt Teneriffas. Santa Cruz de la Palma zieht sich terrassenartig die bewaldeten Berge hinauf, ich sollte es auf der Rückfahrt genauer kennen lernen. Zwei

spanische Offiziere, die zur Inspektion nach Gomera kommandiert waren, schifften sich hier ein. Das Laden des Schiffes dauerte bis gegen elf Uhr, dann ging es in ruhiger, etwa sechsstündiger Fahrt weiter nach Ferro.

Die berühmte Meridianinsel kam mir vor wie das Ende der Welt. Ich sah ein ödes, trostloses, nur mit Wolfsmilch bewachsenes Felseneiland sich aus dem Meere erheben. An der kleinen, von stark ausgewaschenen und zerklüfteten Basaltfelsen umgebenen Hafenbucht, in der wir vor Anker gegangen waren, standen ein Lagerhaus, ein Kapelle und zwei kleine, weiße, flachdachige Herbergen (Fondas), von denen jede nur einen einzigen Raum enthielt. Das Ganze sah recht romantisch aus als der Abend hereinbrach und drei Lichter an den Häusern flackerten. Um die außerordentliche Primitivität der dortigen Verhältnisse zu charakterisieren, erzählte ein Schiffspassagier, daß die Bewohner der Hauptstadt Valverde, deren Häuser auf der Höhe der Insel sichtbar waren, als Lampe eine mit Öl gefüllte Kaffeekanne benutzen, durch deren Ausguß sie den Docht hindurchziehen.

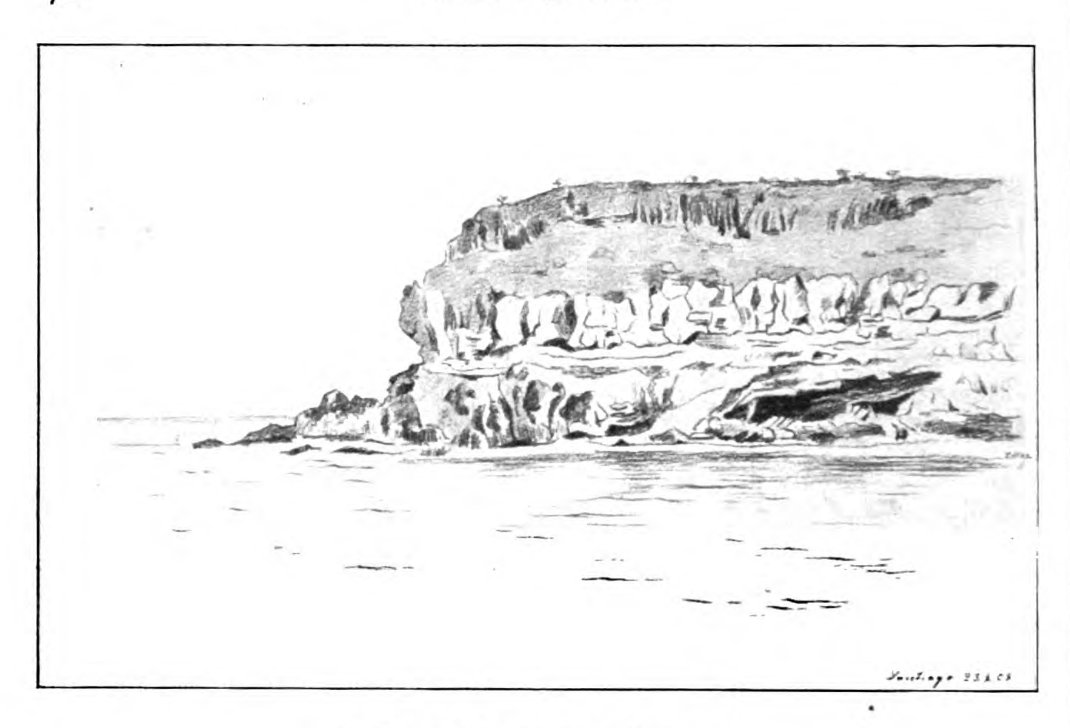
Wir blieben eine Nacht im Hafen von Ferro liegen und fuhren am nächsten Morgen bei schönem Wetter weiter. Nach mehreren Stunden wurden die hohen Felsen der Südwestküste von Gomera sichtbar, und um die Mittagszeit landeten wir im Hafen von Valle Gran Rey, dem Tal des großen Königs, an dessen Ausgang weiße, von Palmen überragte Häuser auf einem kleinen Hügel liegen. Ich muß sagen, daß ich beim ersten Anblick der ersehnten Insel ziemlich stark enttäuscht war. Ich hatte in Bolles Schilderungen von den urwüchsigen Lorbeerwäldern gelesen, die diese Insel im Gegensatz zu den anderen Kanaren noch bedecken, von den schwellenden Moosen, mächtigen Farrenkräutern und üppigen Schlingpflanzen, die diesen Wald zieren sollten, und nun trat mir ein nacktes, nur durch Wolfsmilchsträucher grün geflecktes Felseneiland entgegen, das sich nicht wesentlich von dem traurigen Ferro unterschied, das wir soeben verlassen hatten. Ich wußte damals noch nicht, daß die südliche Inselhälfte der kahlste Teil Gomeras ist und die gewaltigen Lorbeerwälder, deren es sich in der Tat noch erfreut, sich nur auf den Höhen und in den nördlichen und nordwestlichen Gegenden ausbreiten, wo ich sie dann später auch tagelang durchwandern sollte.



Hafen von Valle Gran Rey

Im Hafen von Valle Gran Rey, wo bereits ein kleiner Fruchtdampfer lag, blieben wir fast vier Stunden. Während dieses Aufenthaltes wurden siebzig Ochsen eingeladen, die auf der Rückfahrt des Schiffes nach Teneriffa gebracht werden sollten. Das Einladen der großen und schönen Tiere war ein ziemlich aufregendes Schauspiel. Unter furchtbarem Geschrei der am Ufer versammelten Menschen wurden sie in das Wasser getrieben, tauchten unter und wieder auf, worauf man sie mit den Hörnern an den beiden Seiten eines Bootes festband, mit dem sie schwimmend zum Schiff herüberkamen. Das Verbringen aus dem Boot in den Lagerraum des Dampfers erfolgte in recht tierquälerischer Weise. Die Ochsen wurden nicht, wie es sonst beim Verladen von Vieh üblich ist, mit dem Bauche auf ein Tuch gelegt und in horizontaler Stellung hinübergeführt, sondern man legte ihnen einen Ring um die Hörner, an dem die Kette des Krahnes befestigt wurde, und senkrecht hängend wurden sie in die Höhe gezogen und in die Tiefe des Schiffes hinabgelassen. Es war häßlich mit anzusehen, wie den armen Tieren bei diesem Verfahren die Augen fast aus dem Kopf herauszuquellen schienen.

Um vier Uhr verließen wir den Hafen von Valle Gran Rey und hatten dann eine wunderschöne ruhige Fahrt längs der



Südküste Gomeras bei Santiago

felsigen Südküste Gomeras. Das Meer war spiegelglatt, und die prachtvolle Abendbeleuchtung verscheuchte etwas die trüben Gedanken, die mich beim ersten Anblick der Insel befallen hatten. Ich war in der heitersten Stimmung, die allerdings in das Gegenteil umschlagen sollte, als um sechs Uhr abends die Landung in dem kleinen Hafen von San Sebastian, dem Ziel meiner Reise, erfolgte.

Das Schiff ging in einiger Entfernung von der Küste vor Anker, und ich wurde mit den übrigen Passagieren in einem Boot bis zu dem Brandungsgürtel gefahren, der den Sandstrand umspült. Dort kletterte ich einem Mann, der bis zu den Knieen im Wasser stand, auf die Schultern und wurde von ihm in stockfinsterer Nacht auf dem Sand abgesetzt. Der Billeteur des Dampfers, der glücklicherweise etwas Englisch sprach, führte mich sodann über einen steglosen Bach und einen großen Platz nach der einzigen Fonda, die Gomeras Metropole aufzuweisen hat. Ich hatte viel von den wenig anmutigen Verhältnissen der spanischen Gasthäuser gehört, und besonders von der Fonda San Sebastians hatte mir ein spanischer Kaufmann auf Teneriffa gesagt, es sei kein Aufenthalt für Europäer. Aber meine schlimmsten Be-

fürchtungen wurden durch den Anblick der Wirklichkeit übertroffen. Meine Feder ist viel zu schwach, um das fürchterliche Tohuwabohu zu schildern, das am Abend meiner Ankunft in der Fonda San Sebastians herrschte. Es war ein Gorkisches Nachtasyl, das sich mir da auftat, und es hätte nicht viel gefehlt, so wäre ich auf demselben Schiff in derselben Nacht wieder nach Teneriffa zurückgefahren, denn ich verzweifelte an der Möglichkeit, hier wissenschaftlich arbeiten zu können.

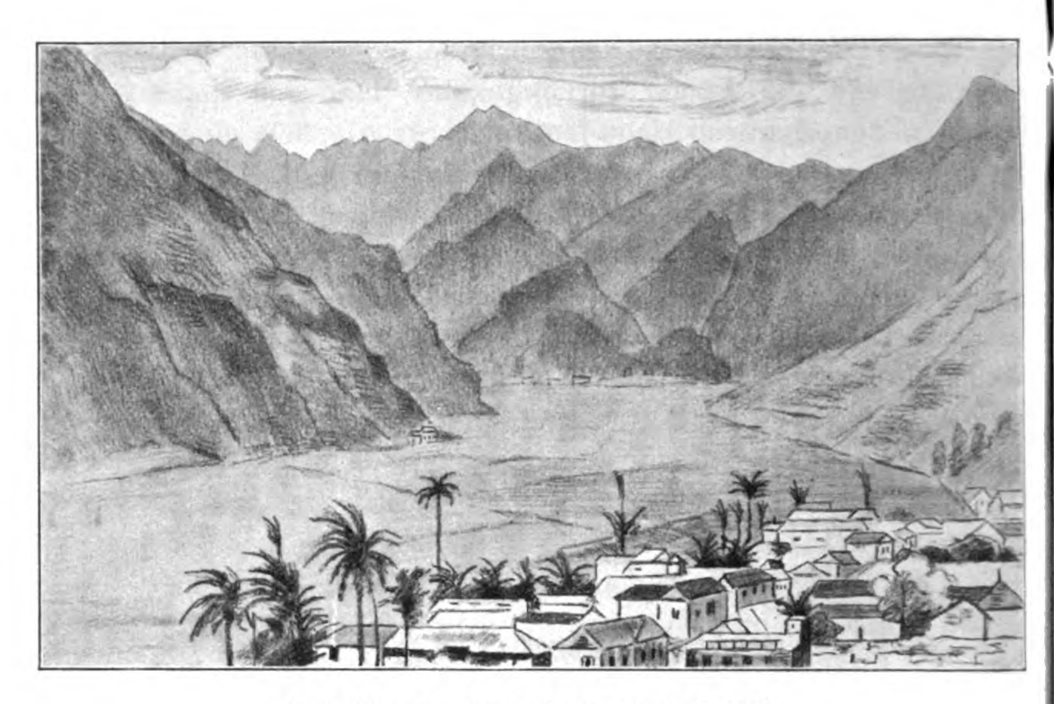
Ich betrat einen stockfinstern Gang und erkletterte eine Treppe, die nur durch die Talglichter etwas erhellt wurde, mit denen Kinder, Soldaten, Gäste und Packträger umherstürmten. Ein scheußlicher Fischgeruch erfüllte das ganze Haus. Der sehr gefällige Schiffsbilleteur stellte mich der dicken, schmutzigen häßlichen Wirtin, der Señora Donna Tomasa Darias vor, an die ich einen Empfehlungsbrief von einem Kaufmann auf Teneriffa bei mir trug, der mir aber zunächst nicht viel nützte, denn es stellte sich heraus, daß die Dame nicht lesen konnte. Sie wies mir mein Zimmer an, ein elendes, fensterloses Gemach mit nackten Kalkwänden und einem großen Loch im Fußboden, durch das man auf die Maiskolben hinabsah, die im Hofe aufgehängt waren. Ein schmutziger Wandschrank, ein kleines, wackliges Tischchen, ein elender Waschtisch, ein wackliger Stuhl und drei große Bettgestelle, auf denen zerrissene und wellig gebogene Strohsäcke das Schlimmste für die Nachtruhe befürchten ließen, bildeten das Mobiliar dieses Zimmers, in dem ich arbeiten und besonders mikroskopieren wollte.

Nachdem die Wirtin mich in dieses Verließ geführt hatte, wandte sie sich den anderen Ankömmlingen zu und überließ mich ohne Licht meinem Schicksal, das um so weniger beneidenswert war, als ich mich infolge meiner Unkenntnis der spanischen Sprache nicht verständigen konnte. Glücklicher- und ganz außergewöhnlicher Weise war an demselben Abend ein deutscher Kaufmann, der mit Stereoskopen handelte und seit acht Jahren auf den kanarischen Inseln lebte, nach Gomera gekommen. Er nahm sich meiner in der liebenswürdigsten und uneigennützigsten Weise an und hat mir in den ersten Tagen meines Aufenthalts auf dieser Insel infolge seiner Beherrschung des Spanischen die allergrößten Dienste geleistet. Er machte mich jetzt darauf aufmerksam, daß wir uns um unser Gepäck bekümmern müßten. Ich hatte

nicht weniger als neun Kisten und Koffer an Bord des Dampfers, die in der Nacht noch ausgeladen werden mußten. Wir gingen mit der Laterne in der Hand auf halsbrecherischen Pfaden an den Strand zurück, hörten aber dort von den zahlreich versammelten Männern und Jungen, daß das Gepäck an einer ganz anderen Stelle des Hafens ausgeladen werden sollte. Nun ging es in Begleitung mehrerer Gomeros auf steinigen Wegen bergauf und bergab, bis wir an eine kleine Mole kamen, die für den Fall gebaut ist, daß die Landung bei schlechtem Wetter erfolgt. In der Ferne sahen wir das Boot mit dem Gepäck auf den Wellen tanzen, es kam auch bis an die Mole heran, dann aber wurden wir verständigt, daß das Ausladen doch nicht an der Mole, sondern an dem Sandstrand, den wir soeben verlassen hatten, erfolgen solle. Wir eilten nun wieder den holperigen Weg zurück und kamen glücklich wieder an den Strand, nachdem der Wind unsere Laterne mehrmals ausgelöscht hatte. Es war stockfinster, man hörte nur das Toben der Brandung, und ganz in der Ferne leuchtete das Licht am Mast des Schiffes, das uns der Zivilisation entführt hatte. »Hier würde Sie kein Geheimpolizist finden«, sagte mir lächelnd mein Landsmann. Da flog plötzlich, wie vom Himmel herabgesandt, eine Kiste auf den Sand, eine meiner größten und schwersten, die zum Teil mit Glassachen angefüllt war. Beim Laternenschein wurde das Zeichen festgestellt, und dann schwang sie einer der umherstehenden Männer, ein Riese an Körperkraft, auf die Schulter und trug sie in die Fonda. Nachdem noch mehrere Kisten und andere Gepäckstücke gefolgt waren, fuhr das Boot wieder nach dem Dampfer zurück, um neue Ladung einzunehmen.

Der deutsche Kaufmann und ich gingen inzwischen in die Fonda, um zu essen. Wir betraten das rauch- und dunstgeschwängerte Speisezimmer, wo eine qualmende Petroleumlampe über dem mit allen möglichen Speiseresten bedeckten Tische hing und mehrere Offiziere in Zivil, die hier stationiert waren, sich von einem kleinen schwarzen Mädchen, der Enkelin der Wirtin, bedienen ließen. Was ich an diesem Abend in mich hineingewürgt habe, weiß ich nicht mehr, wahrscheinlich trockenen Fisch, ein paar Spiegeleier, etwas lederhartes Fleisch und einige Bananen. Nach dem Essen gingen wir wieder an den Strand und dann in das kleine, aber mit Marmortischchen möblierte

»Café« des Don Pablo, wo ich mich an einer Tasse Schokolade erquickte. In die Fonda zurückgekehrt, fand ich meine neun Kisten neben dem noch umfangreicheren Gepäck eines gleichzeitig angekommenen spanischen Kaufmanns glücklich im Hofe aufgespeichert und auch mein Zimmer in einen etwas menschenwürdigeren Zustand versetzt. Ich fiel nur so auf meinen Strohsack und schlief in der elenden, zerbrochenen und verbogenen eisernen Bettstelle so gut, daß ich am nächsten Morgen mit neuen Hoffnungen erwachte.



San Sebastian und Barranco de la Villa

Zweites Kapitel

San Sebastian

Die Fonda in San Sebastian sieht bei Tage mit ihrer gelben Tünche, den grünen Läden und den fünf Fenstern gar nicht so übel aus. Im Erdgeschoß befindet sich zur Linken eine jämmerliche Wirtsstube, zur Rechten ein kleiner Laden. Im ersten Stock liegt nach vorn der dreifensterige Speisesaal, neben ihm an jeder Seite ein einfensteriges Zimmer. An den weiß getünchten Wänden des Saales hängen fünf Heiligen- und Christusbilder und zwei jammervolle Spiegel. Die Decke ist von braun gebeiztem Holz, und die braun, blau und grün angemalten Türen haben bunte Glasfenster. Ein langer Eßtisch, zwei polierte Ecktische mit zerbrochenen Flaschen, bunten Glassachen, Dosen, einigen Naturalien und einem aus Ton modellierten Hund sowie mehrere Rohr- und Schaukelstühle bilden das Mobiliar. Auf dem Gang vor dem Speisesaal stehen Sophas mit schmutzigen Kissen, und darüber hängen an den Wänden Familienphotographien, Liebesszenen und Landschaften. Der Gang ist gegen den Hof durch Glasfenster abgeschlossen und führt an mehreren Zimmern

entlang, die, wie das von mir bewohnte, keine Fenster nach außen haben. Im Hof, wo sich die Eingänge zur Küche, dem kleinen Speisezimmer der Wirtsleute und dem Ziegenstall befinden, steht der eigenartige Brunnen der Kanarier, ein gitterförmig durchbrochener Holzschrein, der die »Pila« enthält, ein aus porösem Stein geformtes Becken, das täglich mit Wasser gefüllt wird, damit dieses in einen darunter stehenden Krug sickert, aus dem es mit einem Glase geschöpft wird.

Die Pila oder der Filtrierstein entsteht, wie Leopold von Buch berichtet, noch täglich am Meeresufer von Gran Canaria zwischen Las Palmas und der Isleta als ein Konglomerat aus kleinen, durch die Wellen abgerundeten Körnern von Trachyt und Basalt und Brocken von zerbrochenen Muscheln. Der heftige Nordostpassat, der unausgesetzt den ganzen Sommer hindurch weht, erhebt die Brocken und Körner, führt sie über die schmale Landenge, die die Isleta mit der Insel verbindet und setzt sie auf der anderen Seite als Dünen wieder ab. Hinter den Dünen trifft der Wind das Ufer nicht mehr, die Wellen spielen unaufhörlich mit dem Sande, und das Wasser verbindet nach und nach die Körner zu einer festen Masse. Die meisten Körner des Filtriersteins sind rund, kalkartig und umgeben einen sichtbaren Kern, einen dunkeln, kleinen Brocken von Basalt oder Trachyt oder ein Muschelstück.

Am Tage nach meiner Ankunft auf Gomera erhob ich mich in der Frühe des Morgens von meinem Lager und schaute vergebens nach Waschkanne, Wasserflasche und Trinkglas aus. Ein Tropfen Wasser in einem winzigen Waschnapf mußte genügen, den Schmutz des vorherigen Tages von meinem Körper abzuspülen. Ungeziefer bemerkte ich glücklicherweise nicht. Mein Frühstück nahm ich in der benachbarten Kneipe des Don Pablo ein, denn die Fondawirtin spendete nur ein elendes Täßchen schwarzen Kaffees ohne Milch und Gebäck. Dann unternahm ich in Begleitung des deutschen Kaufmanns einen kleinen Spaziergang zur Besichtigung der Stadt.

Wir betraten die Plaza de la Constitucion, an der die Fonda, die Tienda des Don Pablo und das blau getünchte Haus des Arztes Massias liegen. Von dieser Plaza gehen drei Straßen aus, die in der Längsrichtung des Barranco de la Villa verlaufen: die Calle Alphonso treize, die Calle Romanones und die Calle de Ruiz Padron.

Die Calle Alphonso treize ist die Hauptstraße und zeichnet sich durch ein unbeschreiblich holperiges Pflaster aus, über das man hintorkelt wie ein Betrunkener, in beständiger Angst, den Fuß zu vertreten. Sie führt über den kleinen Kirchplatz, der mit einem schönen Lorbeerbaum geschmückt ist. Die Kirche hat drei Türen und im oberen Teil der Front ein großes rundes Fenster, über dem zwei Glocken frei aufgehängt sind. Neben der Kirche liegt in einer kleinen Quergasse das Pfarrhaus, an



Calle Alphonso treize mit Columbushaus in San Sebastian

dessen Fenster gar häufig der große und wohlbeleibte Geistliche die Vorübergehenden musterte und sehnsüchtig nach dem benachbarten Kasino ausschaute, wo Bälle und andere Lustbarkeiten abgehalten werden. Oberhalb des Kirchplatzes befindet sich in der Hauptstraße die Post, ein kleines gelbes Häuschen mit gelber Tür und grünem Fensterladen, in dem ein kleiner Spalt zum Einwerfen der Briefe angebracht ist. Weiterhin gelangt man zur Casa Cuartel de la Guia Civil, einem großen rötlichen Gebäude mit einer Fahnenstange, und auf der anderen Seite der Straße zu dem Haus, in welchem Columbus wohnte, als er auf seiner ersten Indienfahrt auf Gomera rastete.

Die Calle Romanones ist eine enge Straße mit ärmlichen Häusern, von denen sich nur eins durch eine hübsche Holzveranda auszeichnet.

Die schönste Straße in San Sebastian ist die Calle de Ruiz Padron, auch Calle nueva genannt. Sie zieht sich am südlichen Ende der Stadt entlang und wird auf der einen Seite durch ein Tamariskenwäldchen, Tomatenfelder, eine Reihe von Pfefferbäumen und die Ruine eines Franziskanerklosters aus dem 16. Jahrhundert, auf der anderen Seite durch eine Häuserreihe begrenzt, in der das große Gehöft des Bürgermeisters und die kleine blau getünchte Barberia zu erwähnen sind. Da wo die Straße in die Plaza mündet liegt eine Gruppe alter Häuser malerisch in einem Wäldchen hoher Palmen, unter denen sich schwarze Schweine und Ferkel tummelten. Auf dem großen Hof vor diesen Häusern wurden Boote gezimmert. Seitlich von der Calle nueva erhebt sich in der Nähe des Strandes der alte Grafenturm, der in der Geschichte Gomeras eine große Rolle gespielt hat, worüber man bei Bolle näheres nachlesen kann, und etwas weiter talaufwärts erblickt man die weißen, von Cypressen überragten Mauern des Friedhofs.

Wir setzten unseren Morgenspaziergang über die Grenzen der Stadt hinaus fort und wanderten den Barranco de la Villa eine Strecke weit aufwärts. Alles war anders als ich es erwartet hatte. Nur nackte, steinige Berghänge starrten uns entgegen. Wir trafen mit einem Hirten zusammen, der uns Ziegenmilch anbot, und ich trank zwei Gläser, die mir ausgezeichnet mundeten, leider aber die ersten und letzten waren, die ich in San Sebastian erhalten konnte, denn die Ziegen gaben seitdem keine Milch mehr. Kühe gab es in der Hauptstadt Gomeras überhaupt nicht.

Als wir von unserem Spaziergang zurückkehrten, erwartete mich in der Fonda ein Abgeordneter der Obrigkeit der Stadt, der Administrador subalterno, der mir mit Rücksicht auf das Sendschreiben [der kanarischen Regierung seine Dienste anbot. Der deutsche Kaufmann machte den Dollmetscher, und wir fragten vor allem, ob ich in San Sebastian ein geeignetes Arbeitszimmer finden könne, denn an Arbeiten in der Fonda war nicht zu denken. Der Mann bejahte diese Frage und versprach, mir das Zimmer am nächsten Tage zu zeigen.

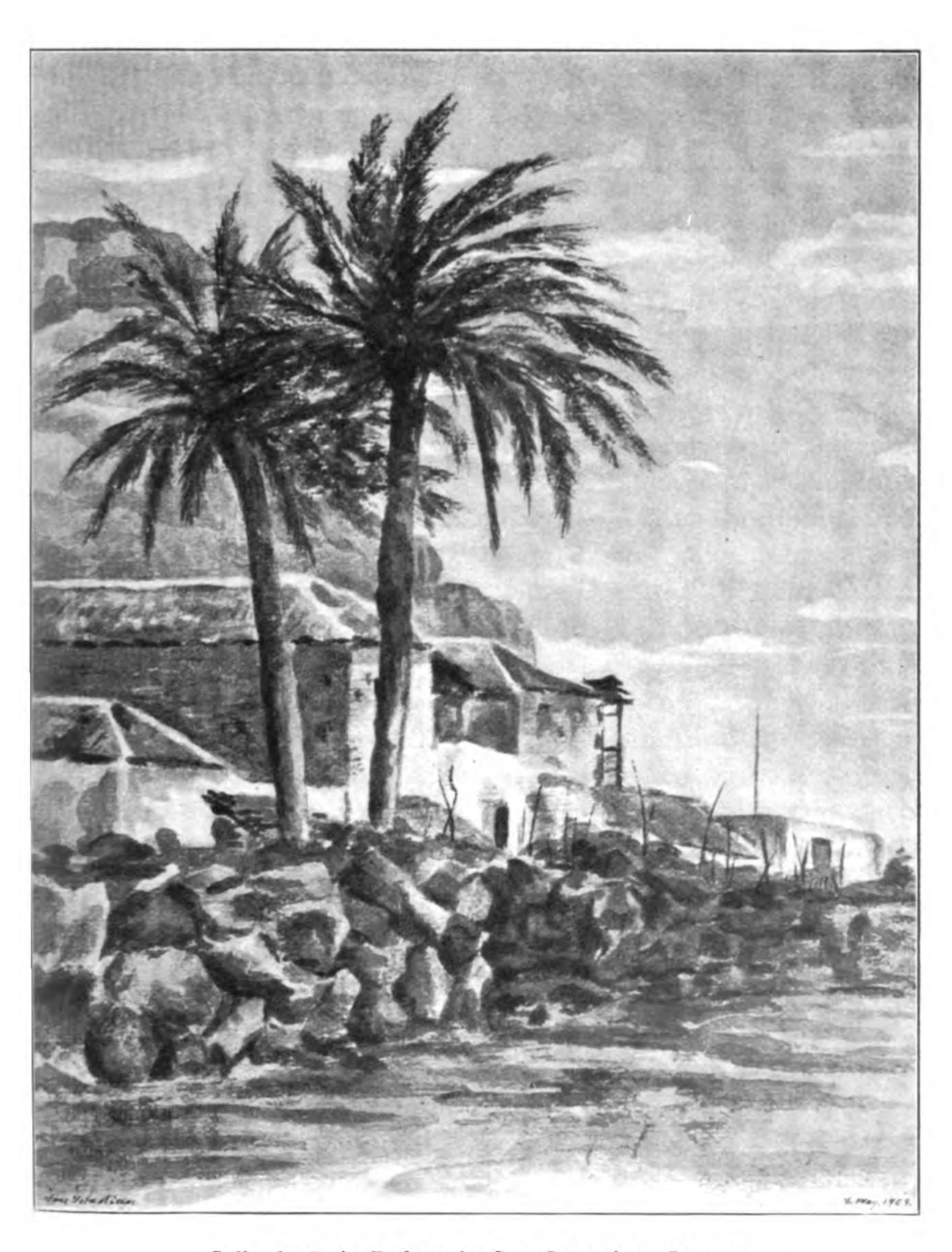
Nachmittags machte ich einen Spaziergang über die Berge nach dem etwa eine halbe Stunde von San Sebastian gelegenen Leuchtturm. Von hier aus sah ich zum erstenmal den berühmten Pik von Teneriffa, dessen schneebedeckte Spitze wie eine Insel

aus einer Wolkenschicht emporragte. Mit einer kleinen Wanderung am Sandstrande schloß dieser erste Tag auf Gomera.

Am nächsten Morgen früh 8 Uhr war der Administrador subalterno wieder zur Stelle, um mich nach dem versprochenen Zimmer zu führen. Dieses erwies sich als ein ganzes kleines, vollständig neu erbautes Haus mit einem großen und zwei kleinen Zimmern und einem hübschen Hof, über dessen Mauern die Palmen emporragten. Es lag abseits in einer kleinen Sackgasse der Calle de Ruiz Padron. Ich mietete es für 25 Peseten (= 20 Mark) monatlich. Einziehen konnte ich noch nicht sofort, da erst noch verschiedene Reparaturen gemacht werden mußten, die aber noch an demselben Tage erledigt wurden.

Ich machte wieder einen Spaziergang nach dem Leuchtturm, mit dem Kaufmann zusammen. Der Wächter erklärte uns die Einrichtung. Am Nachmittag besuchten wir den Arzt Massias, an den ich eine Empfehlung bei mir hatte. Er schien ein ganz gebildeter Mann zu sein und sprach unter anderem von Haeckels »Natürlicher Schöpfungsgeschichte«, deren spanische Übersetzung er besaß. Bolle erzählt, das einzige lesbare Buch, das er in San Sebastian habe auftreiben können, sei die Araucana von Ercilla gewesen, ein Epos, das Voltaire wohl weniger gelobt haben würde, wäre er einmal drei Wochen lang darauf als einzige Lektüre angewiesen gewesen. Nun war also noch Haeckels Schöpfungsgeschichte in diese Einöden gedrungen. Bei dem Arzt trafen wir auch den Schullehrer des Ortes, der ziemlich verwahrlost aussah, aber sehr gefällig war und mir gute Ratschläge erteilte.

Am Dienstag, den 26. November, ergriff ich von meiner neuen Wohnung Besitz. Fast der ganze Tag ging damit hin, meine Kisten von der Fonda nach meinem Haus zu schaffen. Ein Mann trug jede Kiste einzeln hinüber, da ein Wagen oder Karren nicht aufzutreiben war. Außer den Kisten wurden ein Bett, zwei Tische, ein Waschgestell und zwei Stühle aus der Fonda nach meinem Haus transportiert. Ich fing dann sogleich an auszupacken und öffnete zuerst die Kisten mit den Glassachen, um deren Zustand zu untersuchen. Von fünf großen, dünnwandigen Bechergläsern waren vier in Scherben gegangen und außerdem noch einige Glastuben zerbrochen, das übrige aber wohl erhalten. Das Chloroform, das ich in eine der Flaschen gegossen hatte, ohne den Glasstöpsel mit einer Schutzhülle zu versehen, war bis



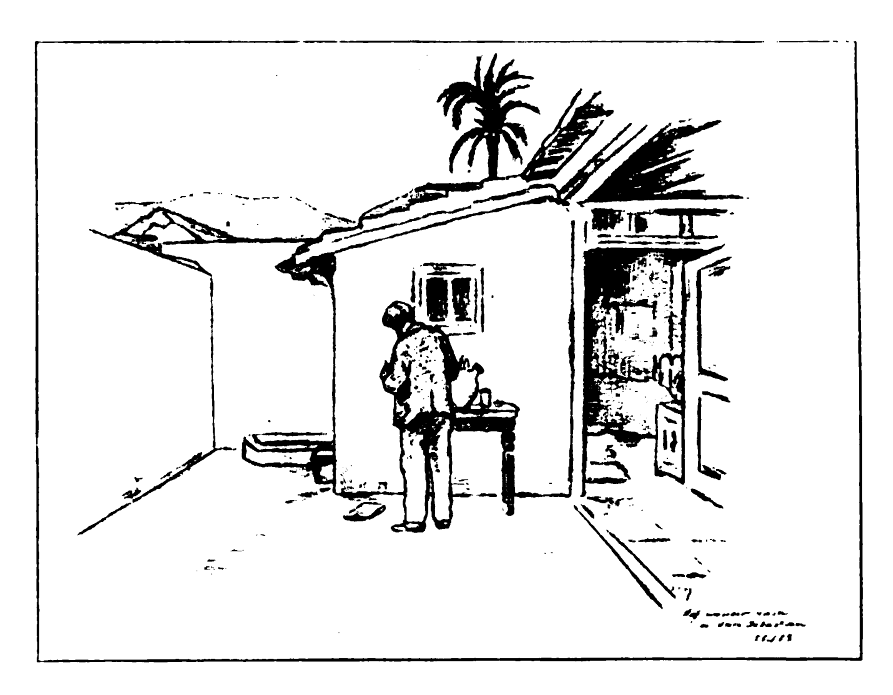
Calle de Ruiz Padron in San Sebastian, Gomera

auf den letzten Tropfen verschwunden, entweder ausgelaufen oder verdunstet. Als ich dann eine zweite Kiste öffnete, fand ich die Kleider, die oben auflagen, ganz von einer Schicht weißen Pulvers bedeckt. Ich glaubte zuerst, das Seewasser sei beim Tragen durch die Brandung eingedrungen und das Salz zurückgeblieben, fand aber dann, daß eine Düte mit Magnesiumsulfat, die ich unklugerweise ohne Weiteres in die Kiste gelegt hatte, geplatzt war und ihr Inhalt sich verstreut hatte. Als ich darauf die dritte Kiste öffnete, war wieder alles mit weißem Pulver bedeckt. Diesmal war es eine Düte mit Zucker, die geplatzt war; drei Pfund Grießzucker waren in alle Sachen, selbst in die eingewickelten Bücher eingedrungen. Nun verbreitete sich beim Auspacken der Zucker im ganzen Zimmer und Hof und lockte hunderte von Fliegen an. Auf den verzuckerten Kleidern saßen sie wie hingesät. In derselben Kiste war das Lederfett, wahrscheinlich durch die Nähe der Maschine im Schiff flüssig geworden und ausgelaufen und hatte über die Hälfte meines Schreibpapieres ganz unbrauchbar gemacht. Der Abend schloß mit einer furchtbaren Arbeit beim Öffnen der Kiste mit Formol, die wie für die Ewigkeit mit Eisenband und Nägeln zugemacht war. Auch der folgende Tag ging noch ganz mit Auspacken hin. In unangenehmer Weise wurde ich dabei durch den Besuch eines Barbiers gestört, der sich mir als Nachbar vorstellte und sich als Assistenten und Lehrer der spanischen Sprache anbot. Der Mann roch nicht gerade nach Parfüm und war so zudringlich, daß ich schließlich die Hilfe des deutschen Kaufmanns, der ihm auf gut Spanisch die Meinung sagte, in Anspruch nehmen mußte, um ihn los zu werden.

Am nächsten Tage trat ich in Begleitung meines Landsmannes und eines spanischen Händlers eine kleine Reise nach Hermigua an, die mich sieben Tage von San Sebastian fernhielt, über die ich aber in einem späteren Kapitel berichten will, um die Schilderung meiner Erlebnisse in San Sebastian nicht zu unterbrechen.

Von Hermigua zurückgekehrt, vollendete ich die Einrichtung meines Hauses. Das größte Zimmer bestimmte ich zum Laboratorium. In der Mitte stand ein zwei Meter langer Tisch, auf dem das Mikroskop, die Lupen, Bestecke, Glasschalen, Reagenzgläschen, Wachsbecken, Schreibutensilien und andere Gegenstände, die ich beständig zur Hand haben mußte, Platz fanden. An der

einen Längswand des Zimmers stellte ich vier Kisten auf, die erste mit Schreibmaterialien, die zweite mit Blechdosen, die dritte mit Formolflaschen und Glastuben, die vierte mit Werkzeug bedeckt. An der anderen Längswand stand eine Kiste, auf die ich meine Bücher postierte, darunter Neumayers prächtiges Werk »Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen«, das mir ausgezeichnete Dienste leistete. An der weißen Kalkwand hingen die Sammeltaschen, der Rucksack, die Botanisierbüchse,



Hof meines Hauses in San Sebastian

die verschiedenen Netze, das Beil, die Scheren, Lineale und Notizblöcke. Den einzigen Bilderschmuck bildete eine kleine farbige Photographie des Woermanndampfers »Hans«, der mich nach Teneriffa gebracht hatte.

Aus dem Laboratorium gelangte man in einen kleineren Raum, den ich zum Schlafzimmer wählte. Da stand die alte, wacklige eiserne Bettstelle aus der Fonda, ein nicht minder wackliger Stuhl, ein kleines eisernes Waschgestell und eine mit einer weißen Serviette bedeckte Kiste, die den Toilettentisch vorstellte, auf dem verschiedene Bürsten, Franzbranntwein, Olivenöl, Hirschtalg, Lederfett, Salmiakgeist, Lanolin, Heftpflaster und ähnliche Dinge prangten. In der Fensternische fand mein Schiffskoffer

mit der Wäsche Unterkunft, und an den Wänden hingen auf schwarzdrapiertem Hintergrund, um sie vor der Berührung mit der Kalkwand zu schützen, meine Kleider.

Eine zweite Tür des Laboratoriums führte in den von einer kleinen Veranda umgebenen Hof. Hier befand sich eine Zisterne, aus der man das Wasser mit einem Eimer heraufzog. An der einen Seite des Hofes lag ein kleines Zimmer, das ich vorläufig noch leer ließ und das später meine Schwester bewohnte. Gegenüber befand sich die sehr große Küche mit einem langen steinernen Tisch an ihrer hinteren Längswand, unter dessen Wölbungen ich meine großen Massen von Holzwolle aufspeicherte. In der Mitte des Tisches war etwas erhöht die Feuerstelle mit zwei Rosten; dort standen mein Reisekocher und meine Vorräte an Kakao, Zucker, Tee, Käse, Brot, Suppentafeln usw. Auf den seitlichen Teilen des Tisches waren die Flaschen mit Alkohol, Formol, Schwefelsäure, Salpetersäure, Jod, Zinksulfat, Kupfersulfat und anderen Giften, die Schüsseln und Meßzylinder aufgestellt. An der Wand hingen in Reih und Glied die Putz- und Scheuertücher. Das letzte neben der Küche befindliche Gemach brauche ich wohl nicht besonders zu beschreiben, es sah ungefähr so aus wie anderwärts auch, entbehrte aber selbstverständlich der Wasserspülung.

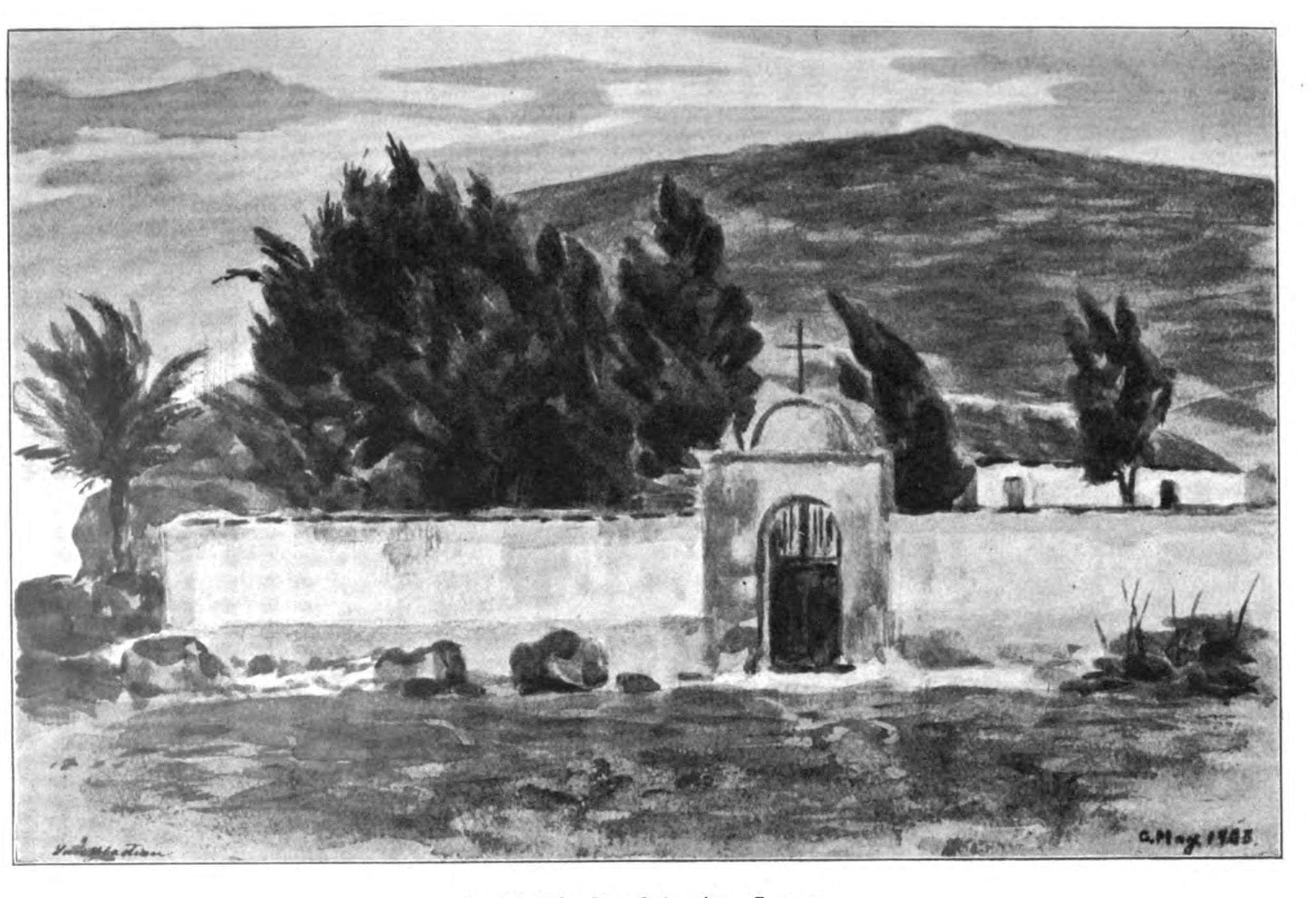
In diesem Häuschen führte ich nun zwei Monate lang das Leben eines vollkommenen Einsiedlers bis meine Schwester kam, um mir Gesellschaft zu leisten. Die klösterliche Stille, die ich erhofft hatte, fand ich freilich hier nicht. In Berlin habe ich ruhiger gelebt, als auf diesem weltentlegenen Eiland. Eine ganze Skala der Geräusche ließ sich hier im Laufe eines Tages verfolgen. Früh morgens um fünf Uhr fing das Gebimmel auf der ganz nahe gelegenen Kirche an. Und was für ein Gebimmel! Beschreiben kann man diese Mißtöne überhaupt nicht, man muß sie hören! Es war mir dabei zumute wie einem Hund, wenn er Musik hört, ich mochte heulen vor Ohrenschmerzen. An Festtagen ertönten diese teuflischen Klänge alle paar Stunden. Zuerst ein paar Einzelschläge, jeder wie ein Stich in die Nerven, und dann ein Bimmeln, das mich bis ins innerste Mark durchwühlte. Dem ersten Morgengebimmel folgte unmittelbar das Krähen der Hähne. Man hat den Hahnenschrei oft poetisch verherrlicht, wenn aber ein ganzes Dutzend dieser Vögel ein

stundenlanges Konzert veranstaltet, dann hört die Poesie auf. Der Hahnenschrei hatte noch nicht aufgehört, da begann um halb sieben Uhr auf dem benachbarten Hof, wo ein neues Haus gebaut wurde, ein Hämmern und Sägen, das bis zum Abend andauerte und jede geistige Arbeit unmöglich machte. Gleichzeitig hörte man auf der anderen Seite hinter der Mauer meines Hofes ein Schrawweln von Weibern und Kindern, das an Mißklang mit dem Kirchengebimmel wetteiferte. Von Zeit zu Zeit wurde dieses Geschrawwel übertönt von dem Geheul eines kleinen Kindes oder dem markerschütternden Schrei eines Esels. Nachmittags wurde meistens in der meinem Hause ebenfalls benachbarten Schule von den Kindern gesungen: ein eintöniges, angreifendes Geplärr. Und wenn endlich der Abend sich niedersenkte, das Hämmern und Sägen aufgehört hatte, der Gesang verstummt war und Ruhe und Frieden einzuziehen schienen, dann begann erst der schrecklichste der Schrecken: das Gebell der Hunde. Am Tage waren diese Gesellen auf den Bergen und bewachten die Ziegenherden, abends und nachts aber hielten sie sich im Ort auf und veranstalteten ein Konzert, das jeder Beschreibung spottet. Einer begann, ein zweiter folgte, ein dritter, vierter, fünfter, bis endlich ein ganzer Chorus die Stille der Nacht entweihte.

Das war die Skala der Lärme auf dieser weltentlegenen Insel! Und Einsamkeit! In Berlin lebte ich einsamer als hier, wo jeder Mensch mich begaffte, wo ich keinen Schritt aus dem Hause tun konnte, ohne Spießruten laufen zu müssen. Mein Robinsontraum war gründlich zerstört.

Vier Tage nach meiner Rückkehr von Hermigua klopfte der deutsche Kaufmann an die Tür meines Hauses. Er hatte die Absicht gehabt, die ganze Insel zu umreisen, war aber nur bis Agulo gelangt und dann umgekehrt. »Ich habe genug von der Insel«, sagte er und reiste noch am selben Abend nach La Palma. Von dort schrieb er mir einige Wochen später: »Gruß aus dem Paradies nach Ihrer miserablen Dreiteufelsinsel mit ihrem noch viel miserableren Saupack von Bewohnern!«

Ja, die Bewohner! Es war ein ganz jämmerliches Gesindel, das sich auf den Straßen San Sebastians umhertrieb, und ich atmete immer auf, wenn ich aus dem Neste heraus war. Die Neugier der Leute kannte keine Grenzen, und wo ich mich



Friedhof in San Sebastian, Gomera

blicken ließ, wurde ich wie ein Wundertier angestaunt. Ihren Höhepunkt erreichten aber diese Belästigungen erst, als meine Schwester eintraf. Wenn ich in ihrer Begleitung über die Straße ging, war in der ersten Zeit ihres Aufenthalts jedes Fenster und jede Tür mit gaffenden Gomeros besetzt, was sich freilich daraus erklärt, daß seit Menschengedenken nur eine einzige deutsche Dame, ebenfalls eine Malerin, auf Gomera gewesen war, und von dieser hatten uns die Leute auf Teneriffa gesagt, sie sei nicht recht gescheit gewesen.

Die künstlerische Tätigkeit meiner Schwestei in San Sebastian begann unter Schwierigkeiten, von denen wir uns doch keine Vorstellung gemacht hatten, trotz der schlimmsten Befürchtungen. Die schmutzigen, hustenden und spuckenden Kinder belästigten sie derart, daß sie schließlich gezwungen war, zum Bürgermeister zu gehen, um sich zu beschweren. Die Kinder drängten sich in dichten Scharen um sie herum, und als meine Schwester sie endlich mit dem Schirm auseinandertrieb, verhöhnten sie sie, stießen sich gegenseitig gegen ihren Feldstuhl und warfen Sand auf ihr Skizzenbuch. Nachdem sie sich beim Bürgermeister beschwert hatte, wurde es etwas besser, aber meine Schwester befürchtete stets, von den Kindern, die meistens grindige Gesichter hatten und alle erkältet waren, angesteckt zu werden oder alles mögliche Ungeziefer zu bekommen. Schon vorher, ehe sie noch angefangen hatte zu malen, hatte ein Junge die Steine im Bach, über die sie gegangen war, fortgenommen, so daß sie beim Rückweg den Bach mit bloßen Füßen durchwaten mußte. Nach meiner Wenigkeit hatten einmal auf Teneriffa zwei Jungen mit Steinen geworfen, als ich ihr Pennygeschrei nicht beachtete, und wenn ich in San Sebastian mit Lodenanzug, Gamaschen und Rucksack ausging, blieben die Leute mit offenen Mäulern und Nasen stehen und lachten.

Es gab aber auch einige gebildetere Menschen in Gomeras Hauptstadt, so zum Beispiel die Besitzer des Columbushauses, denen wir unsere Aufwartung machten und die uns das Innere ihres Besitztums in liebenswürdiger Weise zeigten. Im Erdgeschoß des Columbushauses befindet sich ein Laden, und im ersten Stock sahen wir zwei Rumpelkammern mit in Schweinsleder gebundenen theologischen und historischen Büchern, zwei zerfetzten alten Heiligenbildern und einem alten vergoldeten

Kruzifix in einem verzierten Rahmen. Die Leute führten uns sodann durch den mit Orangen- und Stechapfelbäumen geschmückten Garten in ihr benachbartes Wohnhaus, wo wir alte kunstgewerbliche Gegenstände, wie Lampen, Vasen, Krüge und Platten, sowie ein großes, über den Betten hängendes Heiligenbild bewundern mußten. Die Familie erwiderte unseren Besuch noch an demselben Tag, um unser Haus zu sehen. Die Mutter, eine dicke Frau, halbtaub und halbblind, aber furchtbar lebhaft und laut, drei Mädchen und zwei Knaben blieben über eine Stunde da und ergötzten sich an den in Spiritus aufbewahrten Tieren und den Skizzen meiner Schwester. Einmal sahen wir auch den Bürgermeister bei uns, einen sehr netten und zuvorkommenden jungen Mann, der alles tat, was in seinen allerdings schwachen Kräften stand, um uns den Aufenthalt zu erleichtern. Noch häufiger verkehrten wir mit den spanischen Offizieren, die auf Gomera, wo eine kleine Kaserne dicht am Hafen liegt, stationiert waren. Wie alle echten Spanier waren sie höflich und gefällig und boten uns bei Tisch alle möglichen Leckerbissen aus ihrem Privatproviant an, um uns das Essen in der Fonda erträglicher zu gestalten.

Wir speisten täglich zweimal in der Fonda, um 12 Uhr mittags und um 7 Uhr abends. Die Schilderungen, die ich vorher von der dort gebotenen Kost vernahm, ließen ja nicht viel erwarten, und ich hatte mich mit dem Gedanken vertraut gemacht, während meines Aufenthalts auf Gomera kulinarische Genüsse entbehren zu müssen. Aber die Wirklichkeit übertraf doch alles, was ich befürchtet hatte. Mit Zittern und Zagen ging ich jedesmal in die Fonda, und wie von einer schweren Last befreit, verließ ich sie wieder. Ja, das Essen war hier eine Last, eine Pein, eine heroische Überwindung. Man kann ohne Übertreibung sagen: es gab fast jeden Tag das gleiche. Nudelsuppe, Spiegeleier, trockener Fisch, Beafsteak, Kartoffeln, Eierkuchen, Bananen und Orangen, das war so ziemlich alles, was während der drei Monate, die ich dort zubrachte, auf den Tisch kam. Vielleicht klingen die Namen dieser aufgeführten Speisen gar nicht so übel, und ich würde auch gern mit ihnen vorlieb genommen haben, wären sie wie bei uns zubereitet gewesen. Aber die Zubereitung war himmelschreiend. Die Spiegeleier konnte ich nach kurzer Zeit nicht mehr essen; das Fleisch

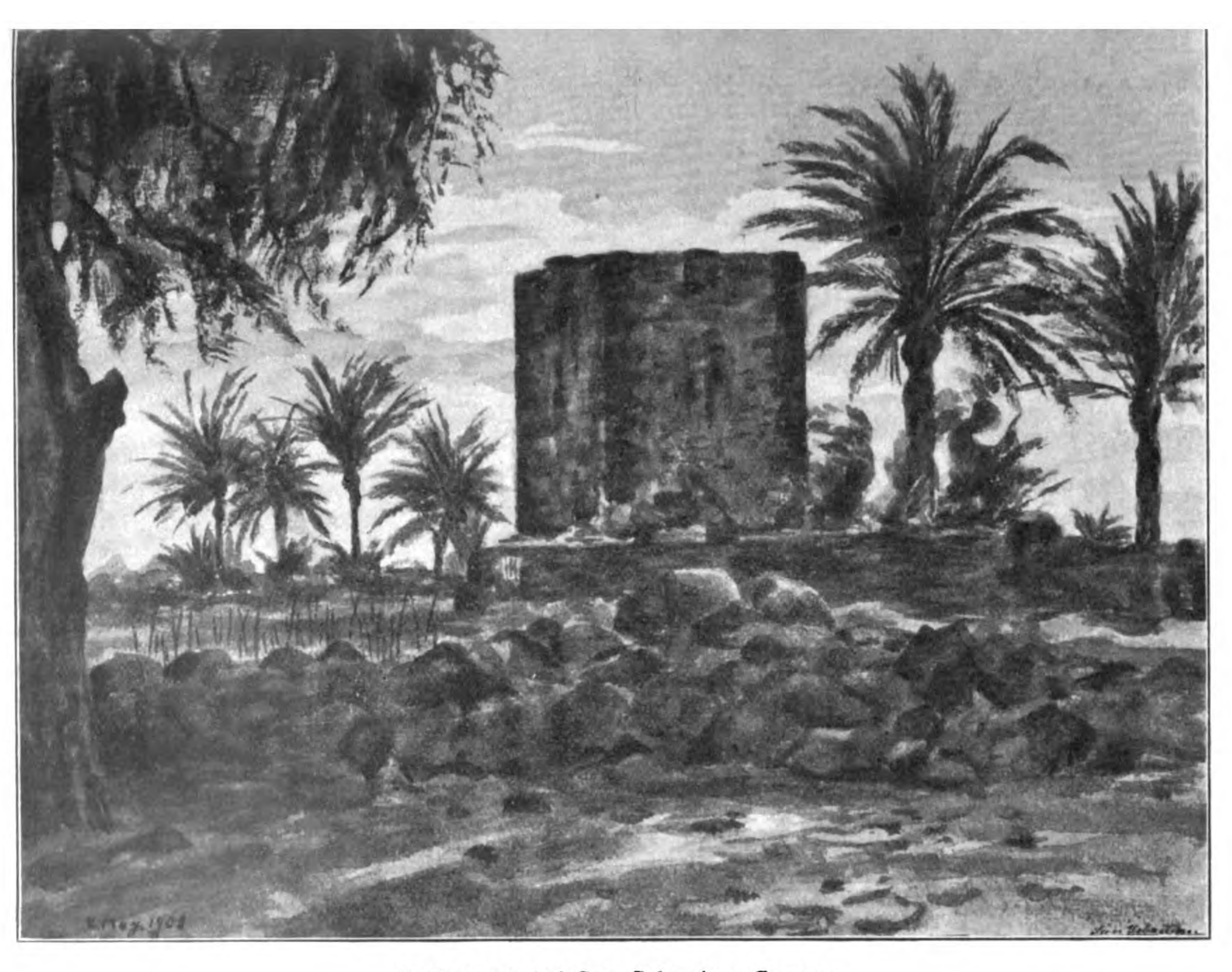
war überhaupt ungenießbar, lederhart oder breiig weich. Der Eierkuchen bildete noch die beste Speise, er erschien aber nur selten auf dem Tisch. Ich war immer glücklich, wenn ich ein paar Kartoffeln und etwas Fisch, der immer ganz gleich zubereitet war, hinunterwürgen konnte. Die Bananen aß ich mir bald zu leid, sie waren mir zu weichlich. Von den Orangen verzehrte ich so viel ich nur konnte, sie waren saftig, aber meist sehr sauer. Sogar die Spanier, die in der Fonda aßen und die doch an die Art der Zubereitung gewöhnt waren, sagten, das Essen sei kaum zu genießen. Und dann hätte man die Gestalten sehen sollen, die bei Tisch bedienten: zwei Offiziersburschen, aber nicht in Uniform, sondern in zerlumpten, schmutzigen Kleidern, an denen sie die von Fett glänzenden Teller abwischten; der eine mit einem wachsgelben Gesicht und stieren, viehischen Augen; ja, da mußte ich die Augen zudrücken und durfte nicht rechts und nicht links sehen, um überhaupt fähig zu sein, von dem öligen Fisch, den fettigen Kartoffeln und den sauren Orangen etwas hinunterzuwürgen.

Einen Tag vor der Ankunft meiner Schwester wurde die spanische Wirtschaft in der Fonda noch schlimmer als sie bereits war. Der Lokaldampfer brachte ein spanisches Frauenzimmer mit, das mit Schmucksachen handelte und von einem etwa dreijährigen Kinde begleitet war. Beide nahmen in der Fonda Wohnung und speisten auch mit an der Tafel. Das Kind hatte ein krankes Auge, hustete beständig, tollte halb nackt im Zimmer umher, schrie in tierischer Weise, schlug die Türen mit Gewalt zu, ohne daß jemand ihm im geringsten wehrte, und beschmutzte das Zimmer mit seinen Exkrementen, die dann von der Mutter mit einem Tuche aufgewischt wurden, worauf sie sich wieder zu Tisch setzte. Es waren Szenen, die ein Zola gesehen haben müßte, um sie der Wirklichkeit entsprechend beschreiben zu können. Glücklicherweise nahm sich einer der Offiziere des Frauenzimmers an und bezog mit ihr ein Haus für sich, leider allerdings gerade neben unserer Wohnung, so daß wir von dem Geplärr dieser Donna arg belästigt wurden und die Nachbarschaft des Kindes sich durch alle möglichen in unsere Zisterne geworfenen Dinge bemerkbar machte.

Am 14. und 15. Januar wurden wir durch furchtbare wolkenbruchartige Regengüsse heimgesucht. Das Wasser stand

im Hof fast drei Centimeter hoch und lief schließlich über die Schwelle in das Zimmer meiner Schwester, so daß sie nachher eine Stunde brauchte, um es einigermaßen mit dem Besen wieder hinauszuschaffen. Am zweiten Tag verbarrikadierten wir das Zimmer mit alten Tüchern, aber nun ergoß sich der Strom in mein Laboratorium und Schlafzimmer sowie in die Küche, so daß wir keinen Fleck trockenen Bodens mehr unter den Füßen hatten. Es dauerte mehrere Tage bis alles wieder trocken war, und später waren viele Sachen mit Schimmel bedeckt. Es hielt überhaupt schwer, auf Gomera etwas zu trocknen und dauerte immer sehr lange bis meine Pflanzen einigermaßen trocken waren.

Am 21. Januar besuchten wir in Begleitung eines Leutnants den Grafenturm, der jetzt als Lazarett eingerichtet ist. Der viereckige, aus rotem Stein errichtete Quaderbau hat ein Erdgeschoß und zwei Stockwerke. Das Erdgeschoß ist ohne Eingang, dieser befindet sich in der Höhe des ersten Stockes und wird durch eine außerhalb des Turmes angebrachte Holztreppe erreicht. Der Turm wurde durch Fernan Peraza, den ersten Bezwinger Gomeras, in der Mitte des 15. Jahrhunderts erbaut und im Jahre 1578 auf Befehl Philipps des Zweiten ausgebessert und mit schwerem Geschütz versehen. Er diente zur vorübergehenden Aufnahme der aus Amerika von den Spaniern heimgebrachten Gold- und Silberbarren, wenn die spanische Silberflotte durch feindliche Geschwader gezwungen wurde, im Hafen von San Sebastian auf Verstärkung durch Kriegsschiffe zu warten. Wir betraten zuerst einen hübschen umgitterten Vorplatz, der mit hohen Bäumen und einigen Bänken geschmückt war. Im Erdgeschoß des Turmes stand ein alter Glasschrank mit Arzeneien und allerlei Gerümpel. Im ersten Stock befand sich das Lazarett mit fünf eisernen Bettstellen, über denen je ein schwarz gerahmtes Täfelchen für den Namen des Kranken an der Wand angebracht war. Bei unserem Besuch waren alle Betten leer. Das Lazarett dient nur zum vorübergehenden Aufenthalt der Kranken, die nach Santa Cruz de Tenerife in das Hospital gebracht werden sollen. Im zweiten Stock des Turmes sahen wir ein Regal mit ausgedienten Patronentaschen und eine Reihe Gewehre. Von der Höhe des Turmes genießt man eine prachtvolle Aussicht auf das Meer, die Stadt, den Barranco de la Villa und die Berge.



Grafenturm bei San Sebastian, Gomera

An demselben Tage besichtigten wir das Innere der alten Kirche, das dreischiffig und prunkvoller eingerichtet ist, als man erwartet. An der Wand des einen Seitenschiffes befindet sich ein altes, stark verwittertes Gemälde, das den Angriff der holländischen Flotte auf San Sebastian im Jahre 1599 darstellt.

Doch es wird Zeit, von meinen zoologischen Studien in San Sebastian zu berichten. Von Anfang an schenkte ich der Fauna meines Hauses Aufmerksamkeit und sammelte alles, was mir von lebenden Wesen dort begegnete. Es waren nicht eben viele Tiere, die mit uns die Wohnung teilten. Die Stubenfliegen ließen sich in größerer Zahl nur nach dem Auspacken meiner Kisten blicken, als ich den Grießzucker im Hofe verstreut hatte. Von Flöhen bemerkte ich während der ersten zwei Monate meines Aufenthalts überhaupt nichts; erst meine Schwester brachte von dem kleinen Fruchtdampfer, mit dem sie gereist war, eine Anzahl sehr großer und fetter Exemplare dieser Plagegeister mit. Mäuse fehlten so gut wie ganz, ich sah nur ein einziges Individuum, das ich eines Morgens in meinem Waschbecken ertrunken vorfand. Die unangenehmsten Gäste waren wohl die riesenhaften, bis 50 mm langen Schaben der Spezies Rhyparobia maderae, von denen ich 5 Männchen und 6 Weibchen sammelte, leicht aber noch mehr hätte erbeuten können. Die unheimlichen Tiere, die außer auf den Kanaren in Nordafrika, auf Madeira, in Ostindien, Brasilien und den Vereinigten Staaten vorkommen, huschten nachts und zuweilen auch am Tage mit großer Schnelligkeit über unseren Hof und die Fußböden unserer Zimmer. Von der kleineren amerikanischen Schabe (Periplaneta americana), die ursprünglich nur im wärmeren Amerika vorkam, jetzt aber durch den Handel überall zwischen den Tropen und auch in Seestädten Europas verbreitet ist, erhielt ich nur ein einziges Männchen. Eine dritte Art, die der Gattung Leucophaea oder Nauphoeta angehört, ist durch eine kleine Larve von der Mauer meines Hofes in meiner Sammlung vertreten.

Neben den genannten Schaben tummelten sich nächtlicherweile die Asseln Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis auf unserem Hof herum und versammelten sich besonders unter dem kleinen Holzstück, das den Wasserausguß bedeckte. Ihnen leistete der Schwarzkäfer Hegeter tristis Gesellschaft. An der weißen Kalkwand des Aborts saßen nachts die abenteuerlichen

Gestalten der Spinnenassel (Scutigera coleoptrata), die mit ihren langen, borstenförmigen Fühlern und ihren 15 Paar dünnen Beinen, von denen das letzte fühlerartig und länger als der Körper ist, so unheimlich aussehen, daß es nicht zu verwundern ist, wenn sich viele Menschen vor dem harmlosen Geschöpf fürchten. Sie ernähren sich von Fliegen, Borstenschwänzen und anderen kleinen Tieren. Bei der Berührung laufen sie schnell davon oder kugeln sich zu einer kleinen Masse zusammen und lassen sich dann herabfallen. Von Spinnen erbeutete ich an den Wänden des Hofes und der Zimmer 7 Arten in 8 Exemplaren: ein unreifes Exemplar der Spezies Zoropsis rufipes, die ein Charakteristikum der kanarischen Fauna bildet, ein Weibchen der mit Schiffen weit verschleppten Spezies Oecobius navus, ein unreifes Männchen von Dysdera crocota, einer häufigen europäischen Art, ein unreifes Exemplar von Cyrtophora citricola, einer in Afrika weit verbreiteten Spezies, ein Männchen der europäischen Art Tegenaria pagana, ein junges Exemplar einer unbestimmbaren Salticide und ein Männchen und Weibchen von Menemerus semilimbatus, einer in der Mittelmeerregion häufigen Spezies. Borstenschwänze waren wie die übrigen Hausgenossen nur spärlich vertreten, ich fing in drei Monaten nicht mehr als 6 Stück: 3 Ctenolepisma lineata, 1 Ctenolepisma ciliata und 2 Ctenolepisma longicaudata.

An den Wänden des Aborts bemerkte ich öfters die spindelförmigen, mit sehr feinen, bräunlichen Sandkörnern bedeckten Säckchen der Puppen von Tineola allutella, einer Motte, die bisher nur von Teneriffa und La Palma bekannt war. Nehme ich noch einen im Hof gefangenen Marienkäfer (Coccinella septempunctata), vier an der Mauer des Hofes erbeutete, noch unbestimmte Mücken, vier geflügelte Formen einer Ameise, die in einem Wassergefäß ertrunken waren, einen grauen Zünsler, einen Gecko (Tarentola delalandei) und einen Laubfrosch (Hyla arborea var. meridionalis), der sich nach einem heftigen Regenwetter in meinen Hof verirrt hatte, hinzu, so habe ich alle Tiere erwähnt, die ich während meines dreimonatlichen Aufenthaltes im Bereiche meiner Behausung in San Sebastian antraf.

Die Tür meiner Wohnung erdröhnte oft von den Schlägen der kleinen Gomeros, die mir Eidechsen, Fische und Vögel zum Kaufe anboten. Anfangs nahm ich ihnen einiges ab, später aber,

als sie nichts Neues mehr brachten, konnte ich mich ihrer nur dadurch entledigen, daß ich die Sachen behielt, ohne ihnen etwas dafür zu bezahlen. Einmal brachten mir die Fischer ein wundervolles Exemplar der Steinkoralle Dendrophyllia ramea, das jetzt meinen Tisch ziert, leider aber die ursprüngliche leuchtend rote Farbe verloren hat.

Am 30. Dezember machte ich zwischen neun und zehn Uhr abends eine Exkursion nach dem kleinen Tamariskenwäldchen in der Nähe des Strandes, um die Fauna des Baches, der dieses Wäldchen durchfließt, kennen zu lernen. Der Bachgrund ist in der Mitte mit Kies, an den Ufern mit Schlamm bedeckt. Beim Aufwühlen des Schlammes kamen zahlreiche Meeräschen (Mugil capito) zum Vorschein. Diese Fische sind auch an allen europäischen Küsten häufig und gehen ins Brackwasser, um dort den mit organischen Resten gemengten Schlamm und Sand zu verschlingen. Aus dem Tamariskengebüsch hörte ich beständig das laute Quaken der Laubfrösche (Hyla arborea var. meridionalis), sobald ich mich aber der Stelle, von der es kam, näherte, hörte es plötzlich auf, und trotz der größten Mühe und Vorsicht konnte ich nicht ein einziges Exemplar des Tieres erhalten. Im Wasser des Baches schwammen kleine, wahrscheinlich zur Gattung Hydroporus gehörige Käfer, die die langen Hinterbeine zum Rudern benutzten und eine Luftblase nachschleppten. Bei der Verfolgung verbargen sie sich unter Steinen. Die Untersuchung des Schlammes ergab Eintagsfliegen(Ephemeriden)larven, Zuckmücken(Chironomiden)larven, deren kleine Schlammröhren und zuckende Schwimmbewegungen ich beobachtete, Waffenfliegen-(Stratiomyiden)larven und Muschelkrebse (Cypris spec.). Kraepelin schrieb 1895: »Ob Süßwasser-Crustaceen auf den von uns besuchten Inseln (Madeira und den Kanaren) vorkommen, wage ich nicht zu entscheiden. Die Befischung einiger der zahlreichen Levadas — offenen Bergwasserleitungen — mit dem Mullnetz ergab ein negatives Resultat; nur Mückenlarven und Ancylus striatus wurden in ihnen beobachtet.« Das Vorkommen von Muschelkrebsen auf den Kanaren ist also nun festgestellt. Ich untersuchte das Bachwasser auch mikroskopisch und fand darin Amoeben, Vorticellen, Stylonychien, Difflugien, Diatomeen und Desmidiaceen.

Wiederholt besuchte ich eine Stelle des Baches etwa eine Stunde oberhalb San Sebastians. Ich fand dort unter den Steinen

am Ufer den Regenwurm Eiseniella tetraedra, die Tausendfüßer Lenia bicarinata und Pachyjulus sansibastianus — eine neue Spezies, die Graf Attems zu Ehren der Hauptstadt Gomeras benannt hat — die neue Spinnenart Xysticus sebastianus, der dasselbe Schicksal widerfuhr, die Grille Gryllus hispanicus, die Langwanze Lygaeus militaris, einen Laubfrosch (Hyla arborea var. meridionalis) und einen Gecko (Tarentola delalandei). Im Wasser tummelte sich auch hier der bereits erwähnte Käfer Hydroporus spec. Von den Pflanzen am Ufer des Baches streifte ich mit dem Netz Eintagsfliegenlarven und eine Köcherfliegenlarve ab, deren Gehäuse aus kleinen Steinchen zusammengesetzt war. Die 1895 von Kraepelin aufgestellte Behauptung, daß die Ordnung der Neuropteren auf den Kanaren überhaupt nicht vertreten sei, besteht also nicht mehr zu Recht. Unter den Steinen im Bach sammelte ich zahlreiche, bis 13 mm lange Planarien mit dreieckigem Kopf, die wahrscheinlich der Spezies Planaria gonocephala angehören, ferner einige Exemplare einer Flußnapfschnecke (Ancylus spec.) und mehrere Kriebelmückenlarven (Simulia spec.), deren bräunlicher, durchscheinender Körper sich nach Art der Spannerraupen, aber in horizontaler Ebene bewegt. Die Tiere heften sich gern mit dem Hinterende fest und lassen dann den frei erhobenen Vorderkörper lebhaft schwingen, bewegen beständig die Kiefer und beißen sich gegenseitig. Unter einem großen Stein im Bach entdeckte ich das dicht über dem Wasserspiegel zwischen kleineren Steinen horizontal ausgespannte Radnetz der Uferspinne (Tetragnatha gracilis), dessen Bewohnerin mit lang ausgestreckten Vorder- und Hinterbeinen auf Beute lauerte. Aus einem ganz verschlammten Tümpel in der Nähe des Baches zog ich große unbestimmbare Bruchstücke von Regenwürmern und zahlreiche Libellenlarven hervor. Die Temperatur des Bachwassers betrug am 3. Januar 17° C. bei 19° C. Lufttemperatur.

An den Ufern des Baches wächst hier zahlreich der Asklepiadeenstrauch Gomphorocarpus fruticosus, dessen Stengel und Blätter ich dicht mit Blattläusen besetzt fand, deren Bestimmung leider nicht möglich war. Sie hatten eine gelbe Körperfarbe, von der sich die schwarzen Fühler, Beine, Augen und Honigröhren abhoben, und waren fast alle ungeflügelt. Auf derselben Pflanze bemerkte ich mehrere Marienkäfer (Coccinella septempunctata) und die Raupen von Danais chrysippus, der einzigen in Europa

und Nordafrika vorkommenden Art der besonders in Indien einheimischen Schmetterlingsfamilie der Danaiden. Der Falter flog ziemlich zahlreich über den steinigen Boden am Ufer des Baches und setzte sich nur selten auf die dort wachsenden Pflanzen. Er kommt nach Simony auf Gomera vom Hafen bis in den oberen Teil des Barranco de la Villa auf allen mit Gomphorocarpus fruticosus bewachsenen Stellen häufig vor. Seine Flugzeit scheint fast das ganze Jahr hindurch ununterbrochen zu dauern, da Brunner die Art zahlreich im Juni in Orotava fing und Simony sie vom Juli bis September antraf. Ein durch Brunner erbeutetes Männchen ist mit der Angabe »La Paz, 4. November 1888« bezeichnet, und Christ traf die Art vom März bis April. Ich selber beobachtete sie im Dezember und Januar. Der Schmetterling hat eine sehr weite Verbreitung und fehlt nur in den beiden amerikanischen Faunengebieten vollständig. Er ist nach Rebel zweifellos als ein afrikanischer Bestandteil in der kanarischen Fauna zu betrachten, und sein Fehlen auf den östlichen Kanaren, wo er ehemals wahrscheinlich vorkam, erklärt sich aus dem Mangel an derzeit geeigneten Flugplätzen. Auf Madeira und den Azoren wurde er niemals gefunden, dagegen im mediterranen Faunengebiet bei Gibraltar und ehemals auch bei Neapel und Athen beobachtet. Die Raupe tritt auf den Kanaren zuweilen in großer Menge auf. Außer Danais chrysippus flogen vereinzelte Distelfalter (Vanessa cardui), die bekanntlich in der ganzen Welt verbreitet sind, und Weißlinge (Pieris spec.) über die steinige Talsohle des Barranco de la Villa. Einer schönen roten Libelle stellte ich vergeblich mit dem Netze nach.

Unter den Steinen des Talgerölls sammelte ich in der Nähe San Sebastians eine neue Spezies der Tausendfüßer, die Graf Attems als Pectiniunguis melanostictus bezeichnet hat, mehrere Spinnen (Callilepis moebii und Xysticus asper), ziemlich viele Exemplare des Borstenschwanzes Ctenolepisma lineata var. eatonii, eine Heuschrecke (Sphingonotus coerulans) und drei Ameisenspezies (Monomorium salomonis, Messor barbarus subsp. capitatus var. minor und Camponotus rufoglaucus subsp. feae).

Das Tal von San Sebastian ist, wie bereits erwähnt, in seinem unteren Teile sehr öde und nur mit spärlicher Vegetation bedeckt. Die auffallendsten Pflanzen sind Balobäumchen und Wolfsmilchsträucher. Der Balo (Plocama pendula) ist eine den

Kanaren eigentümliche Rubiacee von trauerweidenähnlichem Habitus, die ihre nächsten Verwandten in Südafrika besitzt und durch ihre sehr dünnen, zarten, elastischen Äste und hängenden, schmalen, nadelartigen, hellgrünen Blätter an Wind und Trockenheit angepaßt ist. Die Wolfsmilchsträucher gehören zwei Typen an, die von den Kanariern als Cardon und Tabayba unterschieden werden. Der Cardon ist die kanarische Wolfsmilch (Euphorbia canariensis) und besteht aus säulenkaktusartigen, blaugrünen Sprossen ohne Stamm. Er ist in seiner Verbreitung auf die Kanaren beschränkt und hat seine nächsten Verwandten in Marokko. Der Tabaybatypus umfaßt sechs verwandte, ebenfalls endemische Arten, von denen Euphorbia berthelotii nur auf Gomera vorkommt. Sie bilden auf allen westlichen Kanaren Buschwälder an den Abhängen und haben ihre Stammformen im Mittelmeergebiet, von wo sie frühzeitig nach den kanarischen Inseln gelangten und sich dort in neue Arten spalteten. Die Tabayben sind kleine Bäumchen vom Habitus des Drachenbaumes und zeigen, wie Schimper nachgewiesen hat, eine schöne Anpassung an das windige Klima. Die schmalen, federbuschartig angeordneten Blätter bieten dem Wind eine geringe Widerstandsfläche, wodurch die Gefahr des Zerreißens vermieden wird; die des Stieles entbehrenden Basen der Blätter decken sich gegenseitig panzerartig, und die wenigen dicken Äste besitzen große Biegsamkeit und Elastizität. Diese Eigentümlichkeiten finden sich bei Holzgewächsen aus den verschiedensten Verwandtschaftskreisen, so auch bei einer baumförmigen, von den Kanariern Berode genannten Composite (Kleinia neriifolia), die mit den Tabayben vergesellschaftet vorkommt und ihnen zum Verwechseln ähnlich sieht.

Von anderen Charakterpflanzen, die dem Wanderer im unteren Teil des Barranco de la Villa auffallen, seien noch die Gänsedistel und die Magarza erwähnt. Die Gänsedistel (Prenanthes spinosus) ist eine nordafrikanische Wüstenpflanze, die man wegen ihrer blattlosen Dornenzweige, an denen nur vereinzelte gelbe Blütenköpfchen sitzen, treffend einen vegetabilischen Igel genannt hat. Sie wird in ihrer Heimat, aus der sie unverändert nach den Kanaren gelangt ist, nur vom Dromedar gefressen. Die Magarza (Chrysanthemum frutescens), die als Zierpflanze in unseren Kalthäusern gehalten wird, gehört zu der Sektion Argyranthemum,

einem Typus von sieben kanarischen Endemen, der ein Beispiel für die Bildung zahlreicher Formen aus einer Stammform darstellt. Ihre nächsten Verwandten sind südafrikanische strauchige Formen von Chrysanthemum. Die Blätter sind ein- bis zweifach fiederschnittig und haben lineale, etwas succulente, blaubereifte Zipfel. Durch diese Zerteilung des Laubes ist auch diese Pflanze dem windigen Klima angepaßt. So bietet schon ein kleiner Spaziergang auf einer kanarischen Insel dem Naturfreund eine Fülle interessanter ökologischer Erscheinungen, und die Beobachtung solcher eigenartigen Beziehungen zwischen Organisation und Medium an Ort und Stelle gehört zu den größten Freuden, die einem wissenschaftlichen Reisenden zuteil werden.



Sandstrand bei San Sebastian

Drittes Kapitel

Küstenwanderungen bei San Sebastian

Einen großen Teil der Zeit meines Aufenthaltes in San Sebastian verwendete ich auf die Erforschung des Flachstrandes und der benachbarten Felsenküste. Jener wird von den Einwohnern als Playa, diese als Costa bezeichnet. Auf der Playa konnte ich nach der Beschaffenheit des Bodens mehrere ziemlich scharf getrennte Zonen unterscheiden.

Die erste Zone ist der Kiesstrand. Er bildet dicht am Ufer einen schmalen Streifen von 1—15 cm großen, rundlichen oder flachen Steinen, die mit eintönigem Geräusch von der Brandung an die Küste geschoben und dann teilweise wieder mit zurückgerissen werden. Ihre hellgraue bis dunkelgraue Oberfläche ist entweder vollständig glatt und dicht oder fein porös oder mit eng aneinanderliegenden größeren oder kleineren Löchern bedeckt. Bei manchen fand ich sie mit weißen, nadelartigen Strichen unregelmäßig gezeichnet, den Querschnitten von plattenförmigen Mineralausscheidungen.

Keinerlei lebende Wesen waren zwischen den hin und her rollenden Steinen zu bemerken; nur einzelne abgerissene Blätter der Grünalge Enteromorpha linza, mehrere stark abgeschliffene Patellenschalen und ganz vereinzelte Bruchstücke von Muschelschalen bemerkte ich auf diesem Teil des Strandes.

Die zweite Zone der Playa besteht aus sehr feinem Sand, der in größerer Fläche grau, in geringerer Menge schwarz erscheint. Er setzt sich aus eckigen, dunkeln Lavakörnern und flaschengrünen, tafeligen Olivinkristallen zusammen. Einzelne größere Steine liegen auf seiner Oberfläche umher, auf der man außerdem die Stapfen nackter menschlicher Füße und die Wellenfurchen sieht, die durch den Flut- und Ebbestrom sowie durch den Wind erzeugt werden.

Auch diese Zone ist ohne jede Vegetation und beherbergt von Pflanzen nur abgerissene, durch die Wellen angespülte Algenreste. Ich fand hier die kleinen, zierlichen, rotbraunen Bäumchen des Rottanges Laurencia hybrida, die breiten, welligen Lappen der Grünalge Enteromorpha linza, die graugrünen, mit Kalk inkrustierten Polster der Kalkalge Corallina virgata und einzelne Büschel des eigentümlichen, aus langen Schläuchen zusammengesetzten Schwammtanges Codium tomentosum, der fast in allen Meeren vorkommt. Die elf grünen Pallisadenschläuche des meinem Herbarium einverleibten Exemplares sind zum Teil oben am Rande nicht unbeträchtlich verdickt, ähnlich wie bei dem australischen Codium galeatum.

Von tierischen Produkten fand ich auf dem Sand dieser Zone zahlreiche gebleichte Knochen von größeren Fischen, wie Stücke der Wirbelsäule, isolierte Wirbel, Flossenstrahlen und Schädelknochen, ferner zwei kleine tote Krabben (Pachygrapsus transversus und Neptunus hastatus), einzelne Krabbenbeine, einen kleinen toten Seestern (Archaster spec.), einzelne stark abgeschliffene Patellen- und Muschelschalen und zahlreiche ganze und zerbrochene Schalen des zierlichen Posthörnchens (Spirula peronii), die an allen kanarischen Küsten häufig sind, während das Tier selbst, ein zehnarmiger Tintenfisch, in größeren Tiefen lebt und selten gefunden wird.

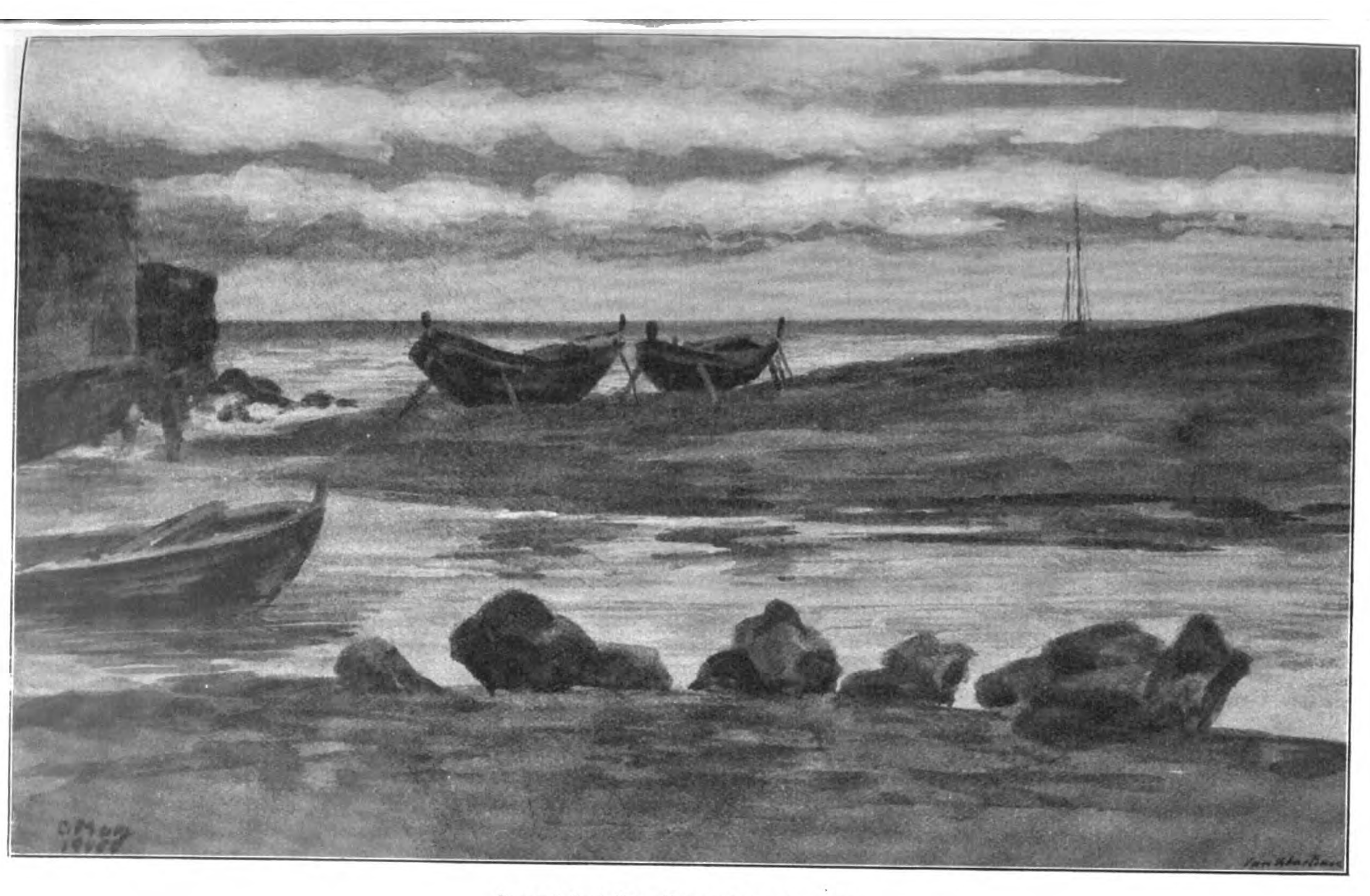
Unter den Steinen und Enteromorpha-Blättern hielten sich zahlreiche Sandhüpfer (Talitrus saltator) auf, Flohkrebse, die auch an den sandigen Küsten Europas gemein sind. Besonders die kleineren Exemplare fand ich massenhaft auf und unter den umherliegenden Enteromorphalappen versammelt. Ich brachte einige in ein Gefäß mit Süßwasser, in dem sie 5—7 Stunden lebten. Sie schwimmen sehr schnell, bald auf dem Rücken, bald auf dem Bauch, drehen sich wirbelnd herum und laufen schnell auf den

Algen und auf der Sandbedeckung des Gefäßbodens umher. Wenn sie eine Zeit lang geschwommen haben, lassen sie sich wie tot auf den Boden des Gefäßes fallen.

Die dritte Zone der Playa besteht aus Sand, der mit dicht gedrängt liegenden, geglätteten und gerundeten Steinen gepflastert und gröber ist als in der zweiten Zone, gemäß dem Gesetz, daß die größeren Gerölle von den Wellen am weitesten gegen das Land hingeschleudert werden, während der feinere Sand bei dem Zurückweichen der Wellen mitgeschwemmt und am Fuß des Auswurfs abgelagert wird. Auch diese Zone ist noch fast vegetationslos, nur einzelne Pflanzen der folgenden Zone reichen an einigen Stellen in sie hinein.

Unter den Steinen sammelte ich sehr zahlreiche Exemplare der Kugelassel Tylos latreillei. Diese Crustaceen dringen auch ohne Schwierigkeit ins Brackwasser ein; Keller fand eine verwandte Art in den pontinischen Sümpfen als marinen Relikt. Ziemlich oft bemerkte ich beim Aufheben der Steine auch den großen Ohrwurm Labidura riparia, von dem ich 10 Exemplare erhielt, darunter 8 Weibchen und 2 Männchen. Die Zangen des Männchens sind fast doppelt so lang als die des Weibchens und mit einem Zahn nahe der Mitte jedes Zangenstückes versehen. Von Grillen sammelte ich 2 Exemplare der Spezies Gryllus bimaculatus, die in ganz Afrika, auf Madeira und den Kanaren vorkommt und unserer Feldgrille (Gryllus campestris) sehr ähnlich, aber größer ist und längere Unterflügel besitzt. Ab und zu flog eine Feldheuschrecke (Sphingonotus coerulans) mit schnarrendem Geräusch auf. Ihre braunen Flügeldecken machen sie beim Sitzen dem Boden sehr ähnlich, während beim Fliegen die bläulichen Hinterflügel auffallen. Ich erbeutete 1 Männchen und 2 Weibchen. Außerdem sammelte ich unter den Steinen der dritten Zone noch ein unreifes Exemplar einer zu der Gattung Xysticus gehörigen Spinne, einen Tausendfuß (Pachymerium ferrugineum), einen Borstenschwanz (Ctenolepisma lineata var. eatonii), 2 Marienkäfer (Coccinella septempunctata) und mehrere Geckos (Tarentola delalandei).

In der vierten Zone der Playa geht der Sand in einen erdigen Boden über. Die Zone wird durch eine künstliche Mauer größerer Steine und eine Hecke von Tamariskengesträuch abgeschlossen. Unter den Pflanzen, die auf ihr wachsen, fallen die



Strand bei San Sebastian, Gomera

Gänsedistel (Prenanthes spinosus), die Magarza (Chrysanthemum frutescens var. parviflorum) und der Balo (Plocama pendula) besonders auf. Außer diesen Charakterpflanzen sammelte ich hier die Kräuter Aizoon canariense, Aizoon spec., Chenopodium spec. und Zollikoferia spec., von denen jedoch keins in Blüte stand. Unter den Steinen bemerkte ich außer einem Schwarzkäfer (Hegeter spec.) und zahlreichen kleinen Ameisen dieselben Tiere wie in der dritten Zone, doch waren sie zahlreicher vertreten.



Palmen am Strande von San Sebastian

Ferner fand ich ein Wespennest, das an der Unterseite eines großen Steines befestigt war und wie bei unseren Feldwespen (Polistes) nur aus einer einzigen Wabe ohne äußere Umhüllung bestand. Die Zellen waren meist kreisrund, nur wenige sechsseitig.

Die Playa von San Sebastian wird im Süden durch eine etwa 130 m hohe, steile Felswand abgeschlossen, die in der Punta de los Canarios endet. Bei einer Exkursion am 19. Dezember 1907 erfreute ich mich der unvergleichlichen Aussicht, die man am Fuße der Punta genießt. Vor mir im Hintergrund erhob sich Teneriffa mit seinem weißen Pik und seinen tief von Schluchten durchschnittenen Abhängen aus dem Ozean. Zu meinen Füßen hatte ich das mächtig brandende Meer, dessen wechselnde Farbentöne hier gut zu beobachten waren: der weiße Schaum der Brandung, eine Zone gelblichen Wassers, ein schmales grünes Band, eine weite hellblaue Fläche bis zum Ausgang der Bucht, das tiefblaue, fast schwarze Wasser der offenen See. Der Sand-

strand war, soweit das brandende Wasser hinaufrollte, dunkelbraun, dann grau und erhielt seinen Abschluß durch die schmutziggrüne Tamariskenhecke. Diese wurde überragt von den sattergrünen Palmen, zwischen denen sich der alte Grafenturm mit seinen grau und rot verwitterten Mauern erhob. Auf der mir gegenüberliegenden Seite der Playa stiegen die 130 m hohen steilen Felsen der nordöstlichen Umwallung des Talausganges empor, welche die zerklüftete Felsenzunge der Roques del buen Paso ins Meer entsenden und eine deutliche Schichtung verschiedenfarbiger Laven- und Tuffbänke erkennen lassen. Weiter talaufwärts sah ich die in der Sonnenbestrahlung blendend weißen Häuser der Stadt mit ihren roten Ziegeldächern am Fuße des grauen, durch die Wolfsmilchsträucher mit grünlichen Anflügen bedeckten Talhanges sich hinziehen. Und alles dies war überwölbt von einem wolkenlosen, hellblauen Himmel.

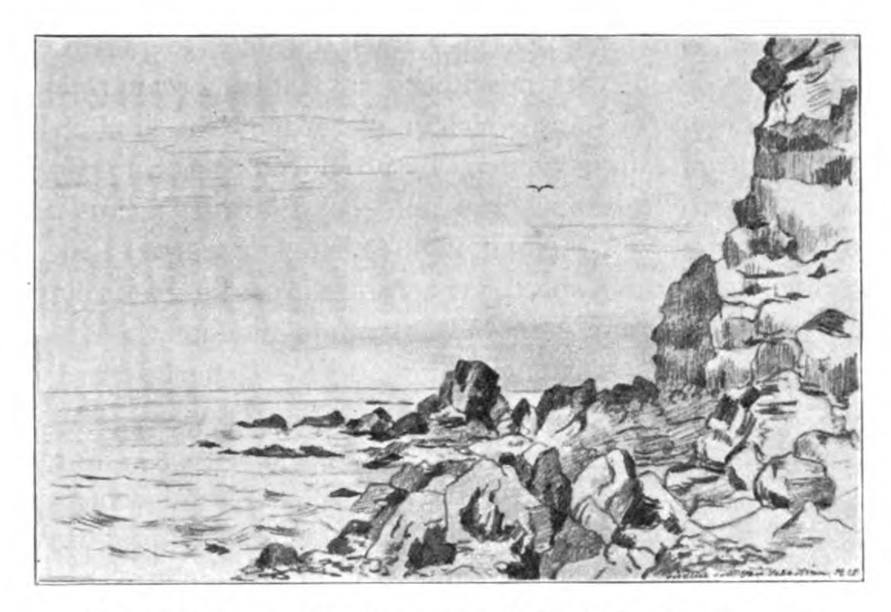
Ich verfolgte auf mehreren Ausflügen die Küste in südwestlicher Richtung bis fast zum Barranco de la Guancha. Sie ist nach der Bezeichnung Richthofens eine Strandküste mit Steilrand. Der steilen Felswand ist ein Blockstrand und diesem ein Felsenstrand vorgelagert.

Die Felswand besteht aus basaltischer Lava und zeigt abwechselnde Bänke von kompakter, grauer Tiefenlava und brauner Gekröselava. Jene ist in der Tiefe, diese an der Oberfläche des Stromes geflossen. Die Tiefenlava ist reich an Blasen, und vielfach bedecken weiße, kugelige Ausblühungen von Kalkspat die Hohlräume beider Laven oder füllen sie ganz aus.

Der Blockstrand setzt sich aus großen und kleinen, teils gerundeten, teils eckigen Lavablöcken zusammen, auf denen häufig weiße Kalkspatausblühungen zu bemerken sind. Das Trümmermaterial bei der Punta de los Canarios zeigte deutliche Fluidalstruktur durch die in die Länge gezogenen Hohlräume. Der Blockstrand ist fast ganz vegetationslos, nur auf einzelnen Blöcken wachsen stark weiß gebleichte junge Pflänzchen einer Form des sehr polymorphen Gallerttanges Gelidium capillaceum. Der dem Lande nähere Teil des Blockstrandes zeigt keinerlei tierisches Leben, dagegen wimmelt es auf den glattgewaschenen, im Wasser liegenden Steinen des der See zugekehrten Teiles von Einsiedlerkrebsen (Pagurus spec.), die hier ihrem Namen wenig Ehre machen. Sie tragen die Gehäuse von Kreisel-, Purpur- und

anderen Schnecken auf dem Rücken, und ich fand es sehr schwierig, sie unverletzt aus diesen herauszuziehen. Vergeblich versuchte ich die Tiere durch Alkohol, Formol, Anbohren, Erschüttern und Zertrümmern der Schneckenschale zum Verlassen ihrer Wohnung zu bewegen.

Der dem Blockstrand vorgelagerte Felsenstrand ist außerordentlich stark zerklüftet und von der Brandung zerfressen, mit



Blockstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal

vielen Höhlungen, Grotten, Löchern, Spalten und Vertiefungen versehen, in denen bei Ebbe kleine Seewassertümpel, die von den Engländern sogenannten rock pools, zurückbleiben. Er zeigt sich über und über mit einem dichten Rasen kleiner Seepocken oder Balaniden bedeckt, die einer besonderen Varietät von Chtamalus stellatus angehören. Größere Flächen des Gesteins sind ganz mit Spirorbisgehäusen, den Schalen kleiner Röhrenwürmer, überzogen, die sich auch auf den kleinen Steinen in den Spalten und Tümpeln massenhaft vorfinden. Zahlreiche Napfschnecken oder Patellen sind an den Felsen angesaugt; ich sammelte viele junge Individuen von Patella guttata mit schwarzgetupften Schalen und größere Formen von Patella crenata. Zuweilen fand ich die Schalen mit winzig kleinen Balaniden besetzt. Die Napfschnecken werden von den Kanariern

gern gegessen. Mit ihnen vergesellschaftet findet sich die Purpurschnecke (Purpura haemastoma), die das Mittelmeer, die Kanaren und die brasilianischen Küsten bewohnt. Ihre weite Verbreitung erklärt sich daraus, daß sie sich an Schiffe festsetzt. Auch ihre Schale ist vielfach von kleinen Balaniden bedeckt. Das Tier scheidet einen gelblichen Saft aus. Eine dritte häufige Form ist eine Kreiselschnecke (Trochus saulcyi), deren kegelförmige Schale durch kleine braune Striche in Zickzacklinien gezeichnet ist. Das Tier wird unter dem Namen Caracol gegessen. Dazu kommen zwei kleine Strandschnecken (Litorina canariensis und L. affinis), deren Gehäuse sich außerordentlich ähnlich sehen und nur dadurch unterscheiden, daß bei Litorina canariensis die Schale quergestreift ist, während sie bei Litorina affinis auf der letzten Windung zwei Reihen kleiner Höcker trägt. Eine kleine Käferschnecke (Chiton spec.) vervollständigte die Sammlung von Schnecken, die ich auf dem Felsenstrande machte.

Die Ebbetümpel bei der Punta de los Canarios sind dreierlei Art. Ein Teil ist gänzlich ohne Pflanzenwuchs, auf ihrem nackten Felsenboden sind zahlreiche Litorinen angesaugt. Am 19. Dezember 1907, nachmittags 3 Uhr, fand ich in ihnen eine Temperatur von 17° C. bei gleicher Lufttemperatur. Ein zweiter Teil der Tümpel ist mit zahlreichen hellgrünen Algen (Enteromorpha lingulata, E. compressa und E. prolifera) bewachsen, die in langen Fäden flottieren, sowie mit einem kurzen dunkelgrünen Rasen von Calothrix aeruginea. Jeder Netzzug brachte aus ihnen zahlreiche durchsichtige Garneelen (Palaemon squilla), die im Seichtwasser längs der Küsten aller kanarischen Inseln gemein sind, und einige kleine Schleimfische (Blennius galerita und B. sanguinolentus) hervor. Die Temperatur des Wassers betrug zu der angegebenen Zeit 18,5° C. bei 17° Lufttemperatur. Ein dritter Teil der Tümpel zeigt dichte Rasen der reich verästelten Brauntange Cystoseira pumila und Sargassum desfontainesii sowie der Rottange Gelidium capillaceum und Corallina officinalis. Die meisten dieser Tange fand ich dicht mit Spirorbisgehäusen besetzt. Einige kleine Schleimfische und Schnecken belebten diese Tümpel, während Garneelen fehlten.

Etwa eine halbe Stunde südwestlich von der Punta de los Canarios befindet sich eine kleine langgestreckte Bucht, in der eine vorspringende Felsenmauer den Blick auf San Sebastian

verwehrt. Die Bucht spitzt sich an der Küste zu einem engen Einschnitt zu, der von einer großen Höhle überwölbt wird. Diese ist vielfach zerklüftet und auf dem Boden mit wild durcheinander geworfenen eckigen Lavablöcken bedeckt, die mit Kalkalgenkrusten und Kalkspatinkrustationen überzogen sind. Am 16. Dezember 1907 erreichte ich diese Stelle der Küste als gerade Flut war. Das Wasser in der Bucht befand sich in tosender Bewegung. Mit gewaltigem Stoß drang es in die kleinen Felsgrotten ein, um dann in ruhigem Strome wieder zurückzufließen, wie um neue Kraft zum nächsten Ansturm zu sammeln. An der südlichen Seite der Bucht spritzte der Gischt der Wogen meterhoch an den Felsen empor. Ich stieg in den tosenden Strudel hinab und fand die Felsen mit den weißen und roten Krusten der Kalkalge Lithothamnium bisporum überzogen, die ich vergeblich mit Hammer und Meißel loszubrechen versuchte. In einem kleinen Felsenloch entriß ich drei kleine Seeigel (Paracentrotus lividus) ihrem nassen Elemente. In engen Felsspalten entdeckte ich mehrere wundervoll entfaltete Exemplare der roten Pferdeaktinie (Priapus equinus). Als ich sie aber mit dem Messer abzuheben versuchte, verschwand die Pracht, und teilweise entriß der herantosende, die Spalte erfüllende Wasserschwall die Beute wieder meinen Händen. Einmal verlor ich den Halt und rutschte auf dem scharfen Gestein hinab in das brausende Wasser, glücklicherweise mit einigen Schrammen davonkommend. Ein andermal sah ich plötzlich meine Sammelbüchse in weiter Entfernung auf dem Wasser treiben, ich rettete sie durch Schwimmen, wurde aber dann mit furchtbarer Gewalt von den Wogen auf den Felsen geworfen. Die Wassertemperatur betrug an diesem Tage um 9 Uhr vormittags 19° C. bei 17° C. Lufttemperatur.

Am 28. Dezember erreichte ich dieselbe Stelle zur Ebbezeit. Der Felsenstrand lag weithin frei und war mit dichtem Algenrasen bedeckt. Zwischen den reich verästelten Cystoseira-Bäumchen bemerkte ich die fächerförmigen, streifigen Lager der Pfauenschweifalge (Padina pavonia) und die gallertigen Massen von Hydroclathrus cancellatus und Colpomenia sinuosa. Auch die weißen, höckerigen Krusten von Lithophyllum papillosum und die glatten, weißen und rosafarbenen Krusten von Lithothamnium bisporum überzogen das Gestein. Größere Flächen des Felsenstrandes waren ganz mit Spirorbisschalen bedeckt, ebenso

die kleinen Steine in den Spalten und Tümpeln, sowie die Patellenschalen und Braunalgen. In den Ebbetümpeln herrschte ein reges tierisches Leben. Ganze Scharen des Seeigels Paracentrotus lividus, teils dunkelviolett, teils dunkelolivengrün gefärbt, hielten sich besonders unter überhängenden Felsen auf und waren vielfach in das Gestein eingebohrt. Beim Versuch, die mit ihren Füßchen fest angesaugten Tiere aufzuheben, brachen die Spitzen ihrer Stacheln ab und drangen mir ins Fleisch, daß die Finger bluteten. Viele hatten sich mit Steinchen und Schneckenschalen maskiert. Einsiedlerkrebse (Pagurus spec.) in verschiedenen Gehäusen, Garneelen (Palaemon squilla) und der Farbe des Gesteins angepaßte Fische (Gobius paganellus, Blennius galerita und B. sanguinolentus) belebten gleichfalls diese natürlichen Aquarien. Unter einem überhängenden Felsblock entdeckte ich ein dickes Polster des intensiv gelben Hornschwammes Aplysina aerophoba mit schornsteinartigen Erhebungen. Gelbe Kieselschwämme aus der Familie der Suberitiden bildeten dünne Überzüge auf dem Boden der Tümpel. Aus dem harten Lavagestein brach ich mit Hammer und Meißel tief eingebohrte Borstenwürmer (Eulalia viridis, Nereis oliveirai und Eunice harassii) heraus.

Auf einer Exkursion am 22. Januar 1908 fielen mir zum erstenmal in einem der Tümpel zahlreiche Exemplare der koloniebildenden Seerose Palythoa canariensis auf. Diese Aktinie bildet braune, rasenartige Polster, die leicht übersehen werden können, da sie sich infolge ihrer Färbung nur wenig vom Untergrund abheben. Die Spezies ist bis jetzt nur von den kanarischen Inseln bekannt und wurde erst 1896 zum erstenmal von Haddon und Duerden beschrieben, nach zwei kleinen, nur aus 3 bis 4 Polypen bestehenden Kolonien der Sammlung des Museums zu Liverpool. Erst im Jahre 1906 sammelte Zimmer auf Teneriffa ein reicheres Material, unter dem sich mehrere große Kolonien befanden, von denen einzelne bis 40 Polypen enthielten. Bei den von mir auf Gomera gesammelten Exemplaren ist nach Angabe von Pax das Coenenchym viel weniger kräftig entwickelt, als bei den Exemplaren Zimmers. In allen übrigen Merkmalen stimmen jedoch die Exemplare von Gomera mit denen von Teneriffa überein. Die Körperwand ist in beiden Fällen dicht mit kleinen Sandkörnchen inkrustiert; Schwammnadeln und Foraminiferenschalen treten der Masse nach durchaus zurück. Das Entoderm des Mauer-

blattes ist mit einzelligen, gelben Algen oder Zooxanthellen angefüllt, so daß die Tiere in stagnierendem Wasser mit mangelhafter Sauerstofferneuerung gedeihen können, da die Algen Sauerstoff ausscheiden. Die nächste Verwandte der Spezies, Palythoa isolata, bewohnt das Litoral der Bahamainseln.

Südlich von der soeben charakterisierten Stelle der Küste Gomeras mündet der Barranco del Machal in das Meer. Er stellt ein enges, ödes und ziemlich seichtes Tal dar, dessen Abhänge mit Wolfsmilch, Balo und Gänsedistel bewachsen sind. In der Erde des Talhanges fand ich zahlreiche, weißgebleichte Helixschalen eingebettet, auch lagen solche frei umher. Der Barranco mündet in einer schönen, weiten Bucht, die zu beiden Seiten von senkrechten, hohen Felsen umgrenzt wird. Gewaltige Felsblöcke sind hier abgestürzt.

Geringes Interesse bietet der Teil des Blockstrandes, der im Norden der Playa am Fuß der Kasernenmauern sich ausdehnt und durch die massenhaft hier abgelagerten Exkremente der Soldaten und Fischer einen wenig appetitlichen Anblick gewährt. Auffallend waren mir hier nur die unzähligen Spirorbis- und anderen Wurmröhren, die die Steine bedeckten.

Die weitere Verfolgung des Blockstrandes in nordöstlicher Richtung wird an dieser Stelle durch die Kaserne verhindert. Man ist genötigt auf einem großen Umweg das Gebäude zu umgehen. Hinter der Fonda steigt ein Pfad zwischen Agavenfeldern und Wolfsmilchbäumchen in die Höhe und senkt sich dann wieder abwärts bis zu der kleinen Mole, die im nordöstlichen Winkel des Hafens zum Landen der Fischerkähne erbaut ist. In geringer Entfernung von der Mole studierte ich die Aufeinanderfolge der Lava- und Tuffschichten an der steilen Felswand, in die der Weg eingehauen ist. Vom Blockstrand steigen bis zur Höhe des Pfades steile Klippen auf, die aus grauer, kompakter, basaltischer Lava bestehen. Der Weg selbst wird von einem Tuff aus braunroten Aschen gebildet, dessen Hohlräume mit Kalkspat inkrustiert sind. An der Felswand zur Seite des Pfades lassen sich folgende Schichten unterscheiden: 1. Ein brauner Tuff aus kleinen, bis erbsengroßen Lapilli. 2. Ein brauner Tuff aus größeren Lapilli. Dieser wird an anderer Stelle durch einen grauen Bimssteintuff mit grauen Schlackeneinschlüssen ersetzt. 3. Ein feinkörniger, lockerer, gelber Tuff, dessen Hohlräume mit Kalkspat

inkrustiert sind. 4. Ein brauner Tuff aus größeren Lapilli bis Taubeneigröße. 5. Ein weinroter Tuff mit dunkeln, glasigen Schlackeneinschlüssen bis Bohnengröße. Dieser wird an anderer Stelle durch einen weinroten, feinkörnigen Tuff ersetzt. 6. Eine kompakte, graue Lavabank, die von einem Streifen dunkelbraun verwitterter Gekröselava durchsetzt wird.

Weiter abwärts wird der Weg nach der Mole von mächtigen Bänken des soeben unter 3 erwähnten lockeren, gelben Tuffs, in



Ruine einer Festung aus dem 16. Jahrhundert bei San Sebastian

den größere Schlacken eingebacken sind, begrenzt. Ehe man die Mole erreicht zweigt sich links ein kleiner Pfad ab, der zwischen dem, vom Regenwasser stark zerklüfteten und mit vielen Löchern durchsetzten Tuffgestein zuerst aufwärts und dann abwärts zu der Ruine eines Forts aus dem 16. Jahrhundert führt, die sich auf den vorspringenden Klippen der Roques del buen Paso erhebt. Die Felsen in der Umgebung des Forts sind mit gelben, roten und weißen Krustenflechten bewachsen, unter denen ich Toninia aromatica, Caloplaca elegans und Caloplaca gomerana, eine neue Spezies, erwähne. Auf der höchsten Stelle des Pfades öffnet sich der Blick auf die Caleta del Conde und Teneriffa.

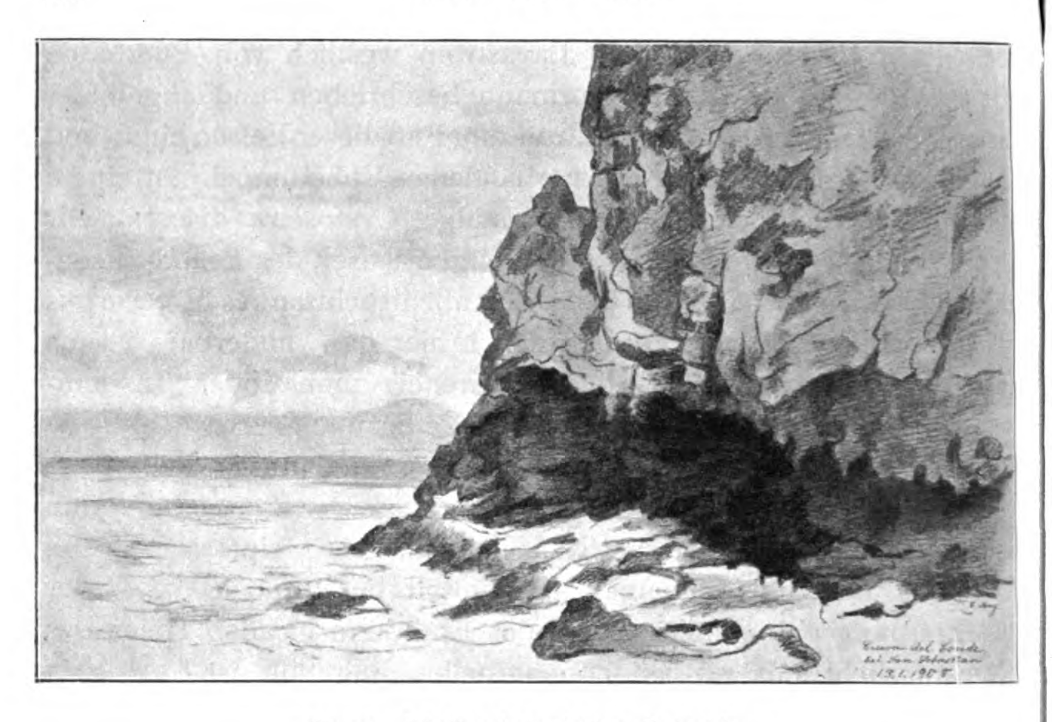
Die Caleta del Conde ist eine langgestreckte Bucht, die nach Süden von den Roques del buen Paso abgeschlossen wird. Diese Roques bieten ein schönes Beispiel für die Art und Weise wie die Brandung das Küstengestein bearbeitet und können mit den



Roques del buen Paso bei San Sebastian, Gomera

Felsen am Infierno und dem Lavastrom westlich von Puerto de Orotava auf Teneriffa, die Biermann beschrieben und abgebildet hat, verglichen werden. Ich kletterte zum Fuß dieser Felsen hinab und durchwatete die hier zahlreich vorhandenen Ebbetümpel. In einem dieser Tümpel wucherte die Braunalge Cystoseira discors sehr üppig und war mit den fädig büscheligen Rasen des Brandspitzentanges (Sphacelaria cirrhosa) und des Außenfruchttanges (Ectocarpus siliculosus) bewachsen. Ferner gedieh hier die wunderbar zierlich fiederförmig verzweigte Rotalge Laurencia pinnatifida. In demselben Tümpel hielten sich zahlreiche gelbgrüne Seerosen auf, die sich bei dem Versuch, sie zu gewinnen, ganz in die Felsen zurückzogen und deshalb schwer zu erbeuten waren. Immerhin sammelte ich 10 Exemplare, die Pax als Aiptasia couchii bestimmt und zum erstenmal anatomisch beschrieben hat. Der Beschreibung entnehme ich, daß das Entoderm in allen Teilen des Körpers dicht mit großen Zooxanthellen angefüllt ist. Aiptasia couchii ist der atlantischen Küste Europas eigentümlich, fehlt allen Nebenmeeren, also auch dem Mittelmeer vollständig und war aus dem nordwestafrikanischen Gebiet bisher nur von Madeira bekannt, das man als die Südgrenze seiner Verbreitung ansah, die nunmehr nach den Kanaren zu verlegen ist. Außerordentlich zahlreich waren ferner in demselben Tümpel die vielfach gewundenen Kalkröhren von Röhrenwürmern, in denen ich jedoch keine Tiere entdecken konnte, und natürlich fehlte auch der Seeigel Paracentrotus lividus nicht.

Am inneren Ende der Caleta del Conde liegt die Cueva del Conde, die Grafenhöhle. Man gelangt zu ihr auf einem halsbrecherischen Pfad, der dicht bei den alten Befestigungswerken längs der Küste der Caleta abwärts führt. In den Boden der Höhle sind durch die von der Brandung in drehende Bewegung versetzten Steine zahlreiche runde, tiefe Löcher eingebohrt worden. Die Höhlenwand besteht aus rotbraun verwitterter, glasiger, poröser Lava. Rechts von der Höhle erhebt sich eine hohe, steile, furchtbar ausgehöhlte Felswand aus rotbraunen Tuff- und schwarzen Lavabänken. Die Lava ist teils massig und feinporös, teils sehr dicht und anscheinend eisenglanzhaltig. Der Tuff besteht zum Teil aus feinen Schlacken mit weißem Belag, zum Teil aus gröberen, bis bohnengroßen, verbackenen Schlacken. In jenen sind einzelne große Schlackenstücke eingebacken.



Cueva del Conde bei San Sebastian

Am Fuße dieser Felswand dehnt sich ein Blockstrand aus, auf dem große Strecken mit dem zierlichen Korallenmoos (Corallina officinalis) sowie mit den weißen Krusten von Lithophyllum oligocarpum bedeckt sind. Massenhaft fand ich auf den Blöcken jugendliche Individuen der Pferdeaktinie (Priapus equinus) angesiedelt. Diese Seerose kommt nur auf felsigem Untergrund vor und ist streng auf die Schorre beschränkt. Im kontrahierten Zustand hat sie ein tonnenförmiges Aussehen, indem sie das Mauerblatt mit Hülfe des Ringmuskels über Tentakel und Mundscheibe zusammenzieht, ohne sich wesentlich in der Längsrichtung zu kontrahieren. Nach Pax dient das Coelenteron als Wasserreservoir für die Periode der Trockenzeit. Nur diesem Umstand ist es zuzuschreiben, daß die Pferdeaktinie selbst ein mehrstündiges Verweilen in der Luft noch gut übersteht. Die Jungen verlassen das Muttertier erst in einem Entwicklungsstadium, in dem ihre Bewegungsfähigkeit relativ gering ist und müssen sich deshalb in der Nähe des Muttertieres ansiedeln. Daher findet man diese Spezies im Gegensatz zu vielen anderen Aktinien fast niemals einzeln, sondern meist in großen Gruppen vereint. Sie ist im atlantischen Ozean von der Westküste Norwegens bis zu den Kapverden verbreitet.

Außer der Pferdeaktinie fand ich auf dem Blockstrand bei der Cueva del Conde ein Exemplar von Phellia vestita. Diese Art wurde von Johnson an der Küste von Madeira entdeckt und war bisher nur von dort bekannt, ist also für die Kanaren neu. Nach der Angabe von Schmitz ist sie auf Madeira in neuerer Zeit nicht wieder aufgefunden worden. Sie war bisher anatomisch noch nicht untersucht, so daß ihre Zugehörigkeit zur Gattung Phellia etwas fraglich erscheinen konnte. Pax zeigt an dem Bau des Ringmuskels, daß wir es mit einer echten Phellia zu tun haben, die der Phellia vermiformis von Thursday Island außerordentlich nahe steht. Das Mauerblatt hat ein warziges Aussehen, das teilweise auf die Inkrustation des Ektoderms mit winzigen Sandkörnchen zurückzuführen ist.

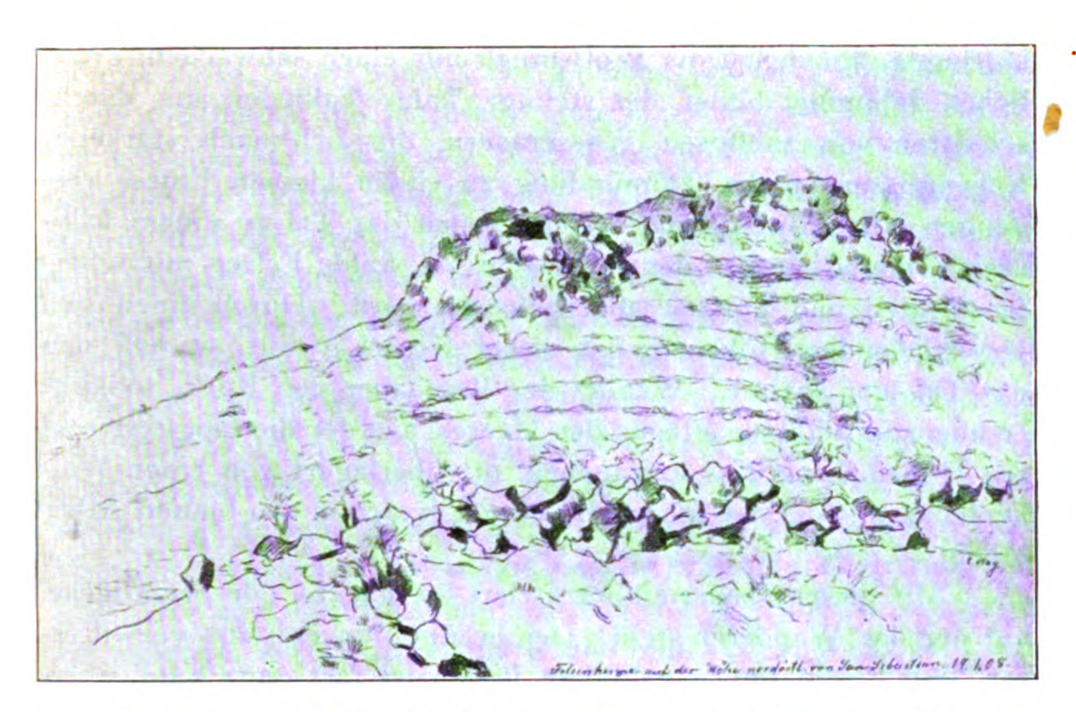
Von Schwämmen bemerkte ich einen grauen Hornschwamm (Hircinia spec.), der im Alkohol grün wurde, und einen grünen Kieselschwamm (Chalina spec.). Schwammähnliche Überzüge auf den Blöcken bildete auch eine blaurote, der Gattung Cystodites angehörige Synascidie, die nach Hartmeyer dem mediterranen Cystodites dellechiajei zuzuordnen ist, der auch bei den Bermudas nahe Verwandte besitzt. Cystodites ist eine tropische Gattung, die nördlich nicht über das Mittelmeer hinausgeht, an den nordwesteuropäischen Küsten also fehlt. Wie mir Herr Dr. Hartmeyer mitteilt, enthalten die von mir gesammelten Exemplare dieser Synascidie in ansehnlicher Zahl den Flohkrebs Tritaeta gibbosa, der in Symbiose mit der Ascidie lebt. Bisher war von den kanarischen Inseln nur eine einzige Ascidie (Ciona flemingi) bekannt; der von mir mitgebrachte Cystodites und die später zu erwähnende Phallusia sind also für die kanarische Fauna neu.

Daß auf den Blöcken bei der Cueva del Conde auch die typischen Schnecken des kanarischen Litorals (Patella, Purpura, Litorina und Trochus) angesaugt waren, bedarf wohl kaum besonderer Erwähnung. In den Spalten zwischen den Blöcken erbeutete ich mehrere Exemplare des stacheligen Seesterns Asterias tenuispina. Auffallend ist bei dieser Art die sehr verschiedene Größe der Arme an demselben Individuum und die verschiedene Zahl der Arme bei verschiedenen Individuen. Eins meiner Exemplare besitzt 6 Arme und zwar 4 große von 40—50 mm Länge und 2 kleine von 15—20 mm Länge. Ein zweites Exem-

plar hat 7 Arme, 4 große von 10—13 mm Länge und 3 kleine von 6 mm Länge. Bei einem dritten Exemplare sind 8 Arme vorhanden, 4 große von 25—30 mm Länge und 4 kleine von 6—10 mm Länge. Stets finden sich also vier längere und unter sich ziemlich gleich lange Arme und 2—4 bedeutend kleinere, unter sich aber wieder ziemlich gleiche Arme. Die letzteren stehen stets zusammen in einem Winkel zwischen zwei der größeren Arme, so daß es den Eindruck macht, als ob sie einem größeren fünften Arm entsprächen oder an Stelle eines solchen, verloren gegangenen, hervorgesproßt wären.

In den Tümpeln und Löchern auf dem Felsenstrand vor der Cueva del Conde wucherte üppig die Braunalge Cystoseira abies marina, deren Äste mit kleinen spitzen Stacheln besetzt sind. Die von mir gesammelten Exemplare tragen vielfach hellbraune Polypenstöckchen aus der Familie der Plumulariden, die ich viel spärlicher auch auf den lanzettlichen Blättern von Sargassum vulgare fand. Die zierlich verästelten Fäden von Asparagopsis delilei und eine junge sterile Pflanze des gabelteiligen Netztanges (Dictyota dichotoma) bildeten weitere Bestandteile meiner Algenausbeute bei der Grafenhöhle. Von Tieren sammelte ich zwei graue, zu der Gattung Euspongia gehörige Hornschwämme, von denen der eine junge Pferdeaktinien in seinen Höhlungen beherbergte, und zahlreiche violette Exemplare des Seeigels Paracentrotus lividus, die beim Einsetzen in Süßwasser teils weisse, teils rote Massen von Geschlechtsprodukten entleerten.

Damit beschließe ich die Schilderung meiner Küstenwanderungen in der Umgebung San Sebastians. Andere Teile der gomeranischen Küste werde ich in den beiden folgenden Kapiteln beschreiben.



Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen dem Barranco de la Villa und dem Barranco de Bilbao

Viertes Kapitel

Von San Sebastian nach der Ermita de la Guadelupe

Nördlich von San Sebastian liegt dicht an der Meeresküste ein kleiner Wallfahrtsort, die Ermita de la Guadelupe, ein mehrfaches Ziel meiner zoologischen Ausflüge. Das Gebiet zwischen ihr und der Hauptstadt soll hier kurz beschrieben werden.

Dicht hinter der Fonda San Sebastians führt ein steiniger Pfad zwischen Agavenfeldern und Wolfsmilchsträuchern auf die Hochfläche nördlich vom Barranco de la Villa. Hat der Wanderer das Holzkreuz auf der Höhe erreicht, so genießt er einen prächtigen Blick auf den Barranco nach der einen, auf das Meer nach der anderen Seite. Im Vordergrund des Tales zieht sich die Stadt hin, die bunten Häuser überragt von den Wipfeln der Palmen, die stellenweise kleine Haine bilden. Längs der Stadt und über sie hinaus erstreckt sich der breite Streifen der grünen Felder, der an der Mündung des Tales dessen ganze Breite einnimmt. Hier erhebt sich der alte, verwitterte Grafenturm. Weiter hinauf dehnt sich zwischen den Feldern und den braunen Tal-

abhängen, auf denen die Wolfsmilch nur einen schwachen, grünlichen Schimmer bildet, der steinige, kahle Talboden aus, durchschnitten von zahllosen Wasseradern, die sich nach stärkeren Regengüssen an der Talmündung zu einem kleinen Flusse vereinigen. Im Hintergrund erweitert sich das Tal zu einem halbkreisförmigen Kessel, der durch schroffe, kahle Felsen mit scharfen Graten und Spitzen abgeschlossen wird. Durch einen sich vorschiebenden Höhenzug ist dieser Kessel geteilt, so daß sich das Tal hier spaltet. Wendet der Beschauer den Blick, so sieht er über die tiefblaue Fläche des Meeres, aus der die langgestreckten Höhen Teneriffas auftauchen, oft überlagert von einer Wolkenbank, aus der der schneebedeckte Pik sich in den blauen Äther erhebt.

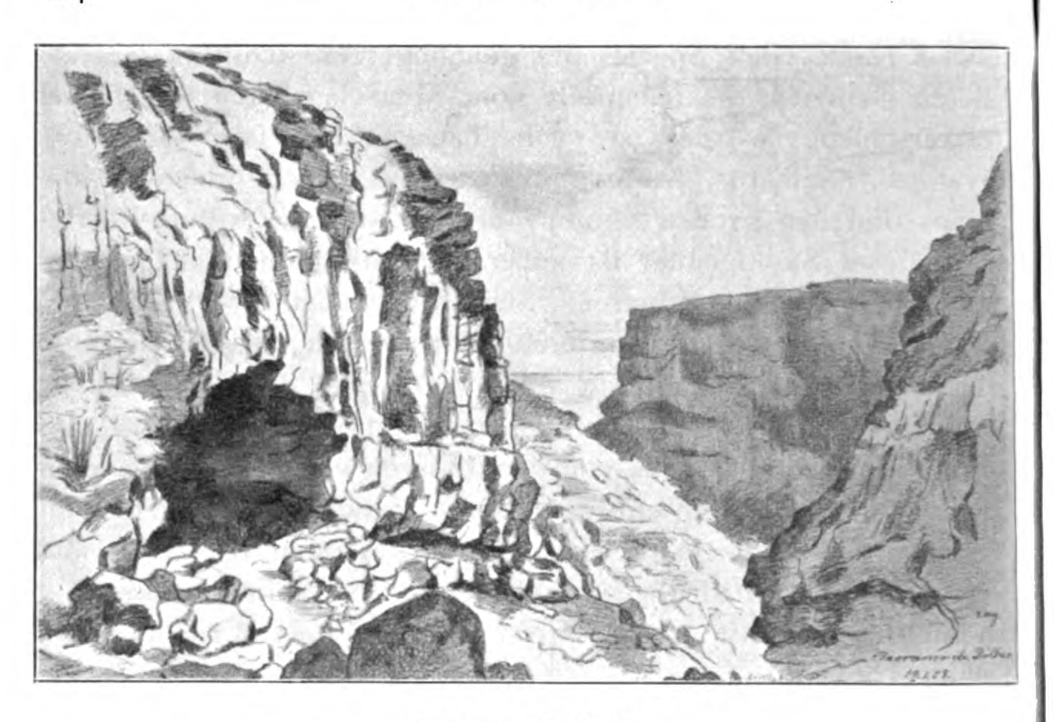
Mit dieser Szenerie kontrastiert die nackte, öde Steinfläche, auf der der Wanderer steht. Der braune, lockere, aus verwitterten Tuffen und Laven gebildete Boden ist fast ganz kahl, übersät mit unzähligen Steinen, durch roh aufgerichtete Steinmauern in rechteckige Felder abgeteilt, an deren Rändern Tabaybasträucher, Balobäumchen und Gänsedisteln wachsen. Aus der sanft aufsteigenden Ebene erhebt sich eine zerklüftete Felsenkuppe, die ich mehrfach besuchte. Sie besteht aus schwarzer, basaltischer Lava mit brauner Verwitterungsrinde, die mit grünen, gelben und weißen Krustenflechten überzogen ist, von denen Steiner auf einem kleinen Handstück von 13 cm Länge und 10 cm Breite nicht weniger als sechs Arten (Caloplaca seriophila, Rinodina alba, Acarospora lavicola, Lecanora luteola, Blastenia ferruginea f. saxicola und Candelariella vitellina) unterschied. Die Abhänge und der Gipfel der Kuppe sind mit kanarischer Wolfsmilch von Manneshöhe und mit Tabaybasträuchern bestanden, deren Wachstum durch den hier vorherrschenden nördlichen Wind beeinflußt ist. Ihre Zweige recken sich nach Süden, zuweilen in horizontaler Richtung. Auf der Höhe der Kuppe fand ich auch zahlreich den ästigen Asphodil (Asphodelus ramosus), jene Lilienpflanze, die von den Griechen als Sinnbild der Trauer auf Gräber gepflanzt und für die Speise der Toten in der Unterwelt gehalten wurde.

Wiederholt unternahm ich Ausflüge auf die soeben beschriebene Hochfläche, um kleine Tiere unter Steinen zu sammeln. Von Regenwürmern erbeutete ich hier nur ein einziges Exemplar von

Eisenia rosea, einer Spezies des gemäßigt eurasich-nordamerikanischen Gebietes, die jedenfalls vom Menschen nach den Kanaren verschleppt worden ist. Die Tausendfüßer fand ich durch Cryptops trisulcatus, Nannophilus eximius, Pachyjulus sansibastianus und den großen Skolopender Scolopendra valida vertreten. Dieser Skolopender ist außer einigen Spinnen das einzige giftige Tier auf den Kanaren. Sein Rücken ist in der vorderen Hälfte olivengrün, in der hinteren Hälfte braun. Die Fühler sind grün. Die Exemplare, die ich auf Gomera fing, haben eine Länge von 8 bis 12 cm. Das nach hinten gerichtete letzte Beinpaar, das durch bedeutendere Größe von den anderen verschieden ist, sieht wie eine gefährliche Waffe aus, stellt jedoch keine solche dar. Vielmehr dienen als Waffen die beiden kräftigen Kieferfüße am Kopf, die eine Giftdrüse umschließen. Von Spinnen sammelte ich mehrere unreife Exemplare und ein reifes Weibchen von Callilepis moebii.

Auffallend war die große Zahl der Borstenschwänze, die ich unter den Steinen der Hochfläche beobachtete. Da Verhoeff in seinen Anweisungen für das Sammeln von Borstenschwänzen bemerkt, daß diese Tiere für die Wissenschaft von sehr großem Wert sind, so schenkte ich ihnen besondere Beachtung und unternahm mehrere Exkursionen in die Umgebung San Sebastians eigens zu dem Zwecke, sie zu sammeln. Ich brachte denn auch mit Unterstützung von Jungen mehrere hundert Stück der mühsam zu fangenden Tierchen zusammen, die aber nach der Bestimmung Escherichs, des Monographen dieser Insektengruppe, alle zu einer Spezies (Ctenolepisma lineata) gehören. »Es ist möglich«, schreibt mir der genannte Forscher, »daß ein späterer Monograph diese Art in mehrere Arten zerlegen wird. Vorläufig ist dies (mir wenigstens) nicht möglich. Ich habe in meiner Monographie nur eine konstante Varietät erwähnt: v. eatonii Ridl. Unter Ihrem Material finden sich einige Exemplare, die sich dieser Form nähern. Erstaunt war ich über die großen Individuenmengen, die Sie von lineata zusammengebracht haben; demnach scheint dieses Tier überaus häufig dort zu sein.«

Ziemlich zahlreich fand ich unter den Steinen der Hochfläche auch den Schwarzkäfer Hegeter tristis, dagegen nur je ein Exemplar der Grillen Gryllus bimaculatus und G. hispanicus. Von Ameisen sammelte ich drei Arten: Tetramorium caespitum,



Barranco de Bilbao

subsp. punicum, Monomorium salomonis und Camponotus rufoglaucus subsp. feae.

Meine Ausbeute an Landschnecken auf diesem Gebiet bestand nur aus einem ausgewachsenen Exemplar von Caracollina discobolus und zwei leeren Gehäusen von Buliminus (Napaeus) bertheloti. Jene Spezies wurde bisher nur auf Gomera, diese auf Gomera und Hierro gefunden.

Endlich sei unter den Bodentieren der Hochfläche noch der Eidechse Lacerta galotti und des Gecko Tarentola delalandei gedacht, auf die ich später zurückkomme.

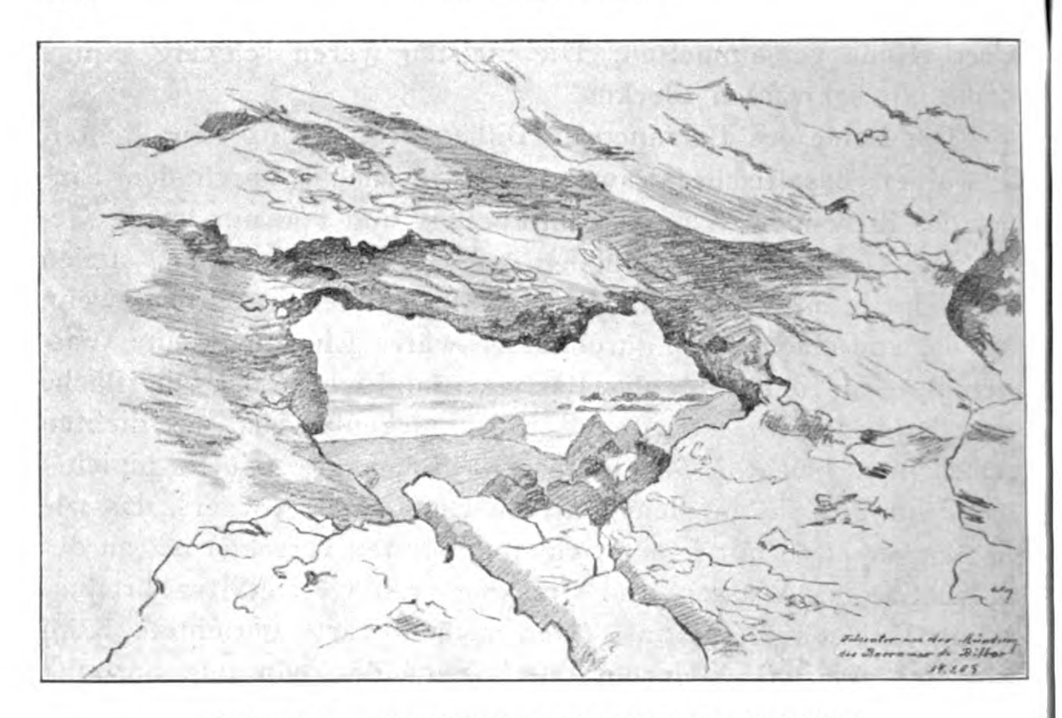
Durchquert der Wanderer die Hochfläche in nördlicher Richtung, so gelangt er in einer halben Stunde an den Rand des Barranco de Bilbao, eines engen, schluchtartigen, unbewohnten Tales, das von steilen Basaltwänden begrenzt wird, in denen zahlreiche größere und kleinere Höhlen in verschiedener Höhe über dem Talboden sichtbar sind. Diese Höhlen dienen zum Teil als Ziegenställe und sind dann durch künstliche, roh aufgeführte Steinmauern halb geschlossen, oder die Mauer ist etwas entfernt von der Höhlenmündung errichtet, so daß ein abgeschlossener Vorplatz zustande kommt. Ich beobachtete eines Abends, wie die Ziegen von den Höhen herabgetrieben wurden und sich vor

einer Höhle versammelten. Die meisten waren schwarz, einige braun mit schwarzen Flecken.

Die Sohle des Barranco de Bilbao besteht aus sehr dichter, schwarzer, basaltischer Lava, deren Oberfläche durch den Einfluß des fließenden Wassers glatt poliert und von nur wenig Geröll bedeckt ist. Der Talboden stürzt öfters in hohen, steilen Wänden ab, so daß schöne Wasserfälle entstehen würden, wenn das Tal von einem Bach durchflossen wäre. Einzelne kleine Wassertümpel auf der Sohle des Barranco fand ich an der Oberfläche von zahlreichen schwarzen Stechmückenlarven in dichten Schwärmen belebt. Gleich unseren Schnaken- (Culex pipiens) larven hängen sie mit dem hinteren Ende ihres Körpers, das wie die Körperseiten mit feinen Schwimmborsten versehen ist, an der Oberfläche des Wassers und strecken ihr langes, glattes, braunes Atemrohr nach dieser aus. Der nach abwärts gerichtete Kopf hebt sich wie das Atemrohr durch seine dunkelbraune Färbung von dem hellen, nur mit einem dunkeln Rückenstreif gezeichneten Körper deutlich ab.

Die Hänge und der Boden des Barranco de Bilbao sind mit Tabayba- und Balobäumchen dicht bestanden, letztere bilden besonders auf der Talsohle kleine Wäldchen. An den langen, nadelförmigen Blättern des Balo fand ich einige Exemplare der Schildlaus Chionaspis canariensis, die von Teneriffa, Gran Canaria, Gomera und La Palma bekannt ist, auf Gomera bisher aber nur in einem einzigen Weibchen auf Micromeria spec. gefunden worden war. Außer ihr kennt man bis jetzt nur noch zwei Schildläuse von Gomera: Aspidiotus hederae auf Adenocarpus foliolosus var. gomerae und Aspidiotus canariensis auf Chrysanthemum frutescens. Von blühenden Kräutern fielen mir nur zwei, auch bei uns häufige Ackerunkräuter auf: der Ackergauchheil (Anagallis arvensis) und der Hederich (Raphanus raphanistrum), der wegen der langen Keimfähigkeit seiner zahlreichen und sich leicht verbreitenden Samen zu unsern gemeinsten und lästigsten Unkräutern, besonders auf Getreidefeldern, gehört.

Der Barranco de Bilbao öffnet sich nach dem Meere zu in einer Bucht mit Sand- und Kiesstrand. Der Sand besteht aus schwarzen, glatten, aber meist kantigen und eckigen Lavakörnern von Stecknadelknopf- bis Erbsengröße und ist olivinreich. Der Kies ist in großen Massen aufgehäuft und viel reichlicher vorhan-



Felsentor an der Mündung des Barranco de Bilbao

den als in der Bucht von San Sebastian. Die Bucht von Bilbao wird auf beiden Seiten von steilen Felsen abgeschlossen. An der linken Seite der Talmündung erhebt sich eine Felswand, die aus abwechselnden Bänken von Laven und Tuffen besteht. Rotbraune Schlackentuffe, in die zahlreiche Höhlen eingewaschen sind, wechsellagern mit grauen und graubraunen Laven. Die graue Lava ist mit weißen, kugeligen Kalkspatinkrustationen bedeckt, an denen die Kristallflächen deutlich sichtbar sind. Eine ziemlich dichte, graubraune Lava bildet hohe, schroffe Wände und ist reichlich von Abkühlungsrissen durchsetzt, nach denen das Gestein in eckige Stücke klüftet. An der rechten Seite der Talmündung fällt eine natürliche Mauer auf, ein herausgewaschener Basaltgang, der nur in seinem unteren Teil an das Talgehänge angelehnt, in seinem oberen aber ganz frei steht.

Am südlichen Ende der Bucht erhebt sich ein rotbrauner Felsen aus grauer, feinporöser Lava, die weiße Kalkspatausscheidungen in ihren Hohlräumen erkennen läßt und eine rotbraune Verwitterungsrinde besitzt. Schlacken von derselben Farbe liegen auf dem Felsen umher, der stark mit gelben Krustenflechten der neuen Spezies Caloplaca gomerana überzogen ist. Außerdem wachsen hier Magarza (Chrysanthemum fructescens) und Gänse-

distel (Prenanthes spinosus). Der rote Felsen steht nur durch eine niedere, schmale Mauer mit der hohen Felswand der rechten Talseite in Verbindung. Die Mauer ist von einem Felsentor durchbrochen, durch das man auf den bei Ebbe weithin zugänglichen Felsenstrand gelangt. Auch hier ist die Oberfläche der Felsen mit unzähligen Seepocken (Chtamalus stellatus) bedeckt. Die Ebbetümpel sind mit den hellgrünen Fäden der Alge Enteromorpha compressa dicht bewachsen und werden von zahlreichen Seeigeln (Paracentrotus lividus), Garneelen (Palaemon squilla) und kleinen Fischen belebt. In den Löchern und Spalten des Gesteins wuchern rötlichblaue Synascidien (Cystodites dellechiajei) und verschiedenfarbige Schwämme (Aplysina aerophoba, Suberites spec., Chalina spec.). In den strandwärts vom Felsentor gelegenen Tümpeln sah ich an der Oberfläche des Wassers Schwärme von Milben, deren eiförmiger Körper mit kleinen Borsten besetzt war, die sich noch zahlreicher an den verhältnismäßig langen Beinen vorfanden. Diese marinen Milben stellen in tiergeographischer Hinsicht einen gewissen Gegensatz zu den Flohkrebsen dar; während diese auf der Wanderung vom Meer zum Festland begriffen sind, wandern jene umgekehrt vom Festland ins Meer.

Von der Mündung des Barranco de Bilbao aus führt ein schmaler, horizontaler Pfad längs der steilen Felsenküste in deren halber Höhe nach Norden. Auf seiner einen Seite steigen die Felsen senkrecht empor, auf seiner anderen fallen sie ebenso senkrecht nach dem Meere ab. Das Gestein der Felswand zur Seite des Weges zeigt alle möglichen Farben, indem weiße, graue, braune und rotbraune Tuffbänke und blaugraue Basaltbänke mit einander abwechseln. Die Tuffe sind vielfach mit weißen Kalkspatgängen durchzogen.

Ich sammelte die verschiedenen Arten der Tuffe und Laven und notierte ihre Übereinanderlagerung. Herr Professor Paulcke untersuchte die gesammelten Stücke und gab mir kurze Charakteristiken, die ich hier in der Reihenfolge mitteile, in der die Gesteine angeordnet sind, wenn man den Pfad zum Ausgangspunkt nimmt: 1. Ein stark kaolinisiertes, weißes Gestein, wahrscheinlich stark zersetzte Lava. In die Bänke dieses Gesteins sind tiefe, flache Höhlungen eingewaschen, die den Eindruck machen, als ob sie durch die Wirkung der Meeresbrandung entstanden wären,

so daß sie vielleicht auf eine Hebung der Insel hindeuten. 2. Ein grauer, feinkörniger Aschentuff. 3. Ein dichter, grauer Tuff aus feinen Aschen mit Einschlüssen weißer, kaolinisierter Brocken. 4. Ein grober, dunkelgrauer Tuff mit Einschlüssen weißer, kaolinisierter Brocken und gröberen Einschlüssen poröser, rotbraun verwitterter Schlacken. 5. Ein rotbrauner Tuff mit weißen Flecken eines kaolinisierten Minerals. 6. Ein dunkelrotbrauner Tuff mit bläulichweißen Kalkspatausscheidungen auf den Hohlräumen. 7. Eine dichte, graue, basaltische Lava mit plattenförmiger Absonderung.

An einer Stelle ist der Pfad durch eine abgestürzte Trümmermasse verschüttet, und alle Arten von Tuffen und Laven liegen hier in wildem Chaos durcheinander. Ich sammelte durch Abschlagen von den Blöcken folgende Stücke: 1. Einen braunen Schlackentuff mit weißen Kalkspatausscheidungen in den Hohlräumen. 2. Einen zersetzten Bimssteintuff. 3. Einen gelbbraunen Tuff mit amorphen, kugeligen Kalkspataggregaten ohne sichtbare Kristallflächen. 4. Einen braunen Tuff mit weißen Kalkspatausscheidungen, deren Kristallflächen deutlich sichtbar sind, auf Spalten. 5. Eine rotbraun verwitterte Lava mit weißen Kalkspatinkrustationen.

Der Felsenpfad längs der Küste endigt nach einiger Zeit blind; der dem Verkehr dienende Maultierpfad führt weiter talaufwärts aus dem Barranco de Bilbao hinaus. Er steigt an dessen nördlichem Hange steil in die Höhe und läßt stellenweise einen zersetzten, weißen, bimssteinhaltigen Tuff zutage treten, der bei näherer Betrachtung helle Kalkspatinkrustationen aufweist. Weiterhin führt er über eine ebene, mit Steinen bedeckte und mit kanarischer Wolfsmilch bestandene Fläche und senkt sich dann steil in den Barranco del Balo hinab. Auf dem Abhang an der Südseite dieses Tales findet sich Geröll aus rotbraunen, stark porösen Schlacken mit deutlich teigartig verkneteter Oberfläche. Eines der von mir mitgebrachten Stücke läßt den Fluß der Lava sehr schön erkennen. Zwischen dem Geröll sammelte ich von blühenden Kräutern den Ackergauchheil (Anagallis arvensis subsp. coerulea), die Feldringelblume (Calendula arvensis) und eine Asphodilspezies (Asphodelus fistulosus), die hier in außerordentlich großer Zahl die Talhänge bedeckte. Überragt wurden diese Kräuter wieder von Tabayba- und Balosträuchern, von

denen die letzteren dem Barranco den Namen gegeben haben. Der Talboden war so dicht mit diesen Pflanzen bedeckt, daß er einen hübschen grünen Anblick gewährte. Unter den Steinen des Talbodens fand ich die Schnecken Caracollina discobolus und Ericia laevigata, zwei Exemplare des Skolopenders Scolopendra valida und einen Laufkäfer der Gattung Zabrus.

Am Ausgang des Barranco del Balo breitet sich eine schöne Bucht mit Kiesstrand aus, die nördlich von einer mit mehreren Spitzen gekrönten Klippe begrenzt wird. In der Nähe des Strandes liegt ein kleines Landgut, bestehend aus einem weißen Haus, einer kleinen Steinhütte und drei Tomatenfeldern. Das Tal ist also im Gegensatz zu dem Barranco de Bilbao bewohnt. In seinem oberen Teil wird es durch einen sich vorschiebenden Rücken gespalten. Über dem nördlichen Talhang ragt eine lange, senkrechte Mauer, ein bloßgelegter Basaltgang, in die Höhe, zu dem ein steiler, steiniger Pfad hinaufführt. Auf der höchsten Stelle steht eine Steinhütte, vor der sich ein runder, von einer rohen Mauer umgebener Platz befindet, auf dem sich wahrscheinlich Wallfahrer versammeln, um die Predigt zu hören. In der Umgebung dieses Platzes wächst zahlreich die blattlose Wolfsmilch (Euphorbia aphylla), ein niedriger, reich verästelter Strauch mit 6—8 cm langen, stielrunden, bleistiftdicken, blaugrünen und vollständig blattlosen Astgliedern, der ganz auf die Kanaren beschränkt ist und seine nächsten Verwandten in Ostafrika, Madagaskar, Südarabien und dem Kapland besitzt.

Von dem Platz vor der Hütte aus genießt der Wanderer nach Osten einen herrlichen Blick auf das Meer und Teneriffa. Nach Süden überschaut er die ganze Küstenlinie Gomeras bis zur Punta de San Cristobal mit dem Leuchtturm, und nach Norden blickt er über die wellige Steinfläche auf die steilen Klippen oberhalb der Ermita de la Guadelupe, die tief unten auf einer vorspringenden Landzunge zu erkennen ist.

Von der Höhe führt der Pfad zunächst abwärts an einer engen Schlucht vorbei und dann ziemlich horinzontal längs der Küste, aber immer in beträchtlicher Höhe über dem Meer. In der Felswand zu seiten des Pfades bemerkte ich einen blutroten Tuff mit braunen Schlackeneinschlüssen, einen augitführenden, braunen, dichten Tuff, eine graue, basaltische Lava und ein weißes, kaolinisiertes Gestein. Auch hier finden sich merkwürdige Aus-

waschungen in den Tuffbänken, die möglicherweise von der Brandung erzeugt wurden und Anzeichen einer Hebung darstellen. Zuletzt führt der Pfad, nachdem man eine Holztür passiert hat, steil abwärts zu der Ermita de la Guadelupe. In den braunen und rotbraunen Schlackentuffen des Abhanges fand ich kleine Schneckenschalen eingebacken, die ebenfalls auf eine Hebung schließen lassen.



Ermita de la Guadelupe

Die Ermita de la Guadelupe besteht aus einer weißen Kapelle mit rotem Ziegeldach und mehreren, aus rohen Steinen aufgebauten, dachlosen Räumen, in denen die Wallfahrer Unterkunft finden. Der freie Platz vor der Kapelle ist durch eine Mauer abgeschlossen, die mit einem Kreuz geschmückt ist und fast von der Brandung bespült wird. In geringer Höhe über der Ermita befindet sich eine überdeckte Zisterne mit einem Filter. In dem kleinen Tümpel vor dem Filter wimmelte es von Schnakenlarven. Die Gesteinstrümmer bei der Ermita waren mit dicken Krusten von Kalksinter überzogen.

Die breite Landzunge, auf der sich die Ermita erhebt, ist im Süden felsig und stürzt hier steil zum Meere ab, während sie im Norden einen weithin ausgebreiteten Sand- und Kiesstrand darstellt. Mit dem vorherrschenden Grau der Sandfläche kontrastiert das hier merkwürdig lebhafte Grün der höheren Hänge, deren dichtstehende Tabaybabäumchen die kriechende, auf Windwirkung beruhende Form besitzen. Der steile Abfall der Landzunge gegen Süden besteht aus regellos dem Boden entragenden Blöcken einer dichten, schwärzlichen, einschlußreichen Lava. In

seinem unteren Teil, wo er in den Blockstrand übergeht, treten mehrfach eine hellere, basaltische Lava und ein ziegelroter Tuff zutage. Zwischen den Blöcken, die vielfach mit gelben Flechten überzogen sind, wächst das seltsame Doppelblatt (Zygophyllum fontanesii), eine im nördlichen und östlichen Afrika verbreitete Staude mit einpaarigen, dicken, bohnenartigen Blättchen.

Die sandige Fläche der Landzunge ist mit zahllosen Büschen der Gänsedistel (Prenanthes spinosus) bedeckt, zwischen denen Magarza (Chrysanthemum fructescens), Doppelblatt (Zygophyllum fontanesii) und Strandwolfsmilch (Euphorbia paralias) sich angesiedelt haben. Auf dem Sand liegen zahllose, sehr große, hochgewölbte, gelblich- oder weißgebleichte Napfschneckenschalen, mit denen der Boden an manchen Stellen wie gepflastert erscheint, ferner große, gebleichte Purpurschneckenschalen und zahllose weißgebleichte Schnirkelschneckengehäuse. An einer Stelle des Sandstrandes fand ich unter einem Gänsedistelbusch zahlreiche Schalen der Entenmuschel (Lepas anatifera) angehäuft, die meisten in die einzelnen Teilstücke zerfallen, manche aber noch zusammenhängend und mit dem vertrockneten Tier darin, darunter auch kleine Kolonien, indem ein Tier auf dem anderen angeheftet war. Unter einem Stein des Sandstrandes erbeutete ich einen Skolopender (Scolopendra valida).

Die Sandfläche geht im nördlichen Teil der Landzunge in Kiesstrand über. Hier fand ich weiter nichts, als einen angeschwemmten Hornschwamm. Um so reicher war das Tierleben auf dem Felsenstrand, der bei Ebbe weithin gangbar ist. In den Tümpeln wimmelte es von Seerosen der Spezies Priapus equinus und Anemonia sulcata. Von jener sammelte ich 37, von dieser 46 Exemplare, doch hätte ich leicht hunderte zusammenbringen können. Wie die an anderen Fundorten auf Gomera erbeuteten Exemplare von Priapus equinus zeigen auch die bei der Ermita de la Guadelupe gesammelten nach Pax keinerlei Abweichungen von der typischen Mittelmeerform. Die 46 Exemplare von Anemonia sulcata, die in vierprozentigem Formaldehyd ihre grüne Körperfarbe und die violette Färbung der Tentakelspitzen bewahrt haben, gehören ebenfalls alle der forma typica an, bleiben aber ausnahmslos hinter der Durchschnittsgröße erheblich zurück. Die forma typica lebt sonst in einer Tiefe von mehreren Metern, findet sich aber auf Gomera in den Tümpeln des Felsen-

strandes und wird hier in bezug auf die Größenverhältnisse der Strandform von Anemonia sulcata, d. h. der forma rustica ähnlich. Diese auffällige Abnahme der Größe in geringer Wassertiefe hängt nach Pax zweifellos mit den Ernährungsverhältnissen auf das innigste zusammen. Anemonia sulcata war bisher im Gebiete der nordwestafrikanischen Inseln nur von Madeira mit Sicherheit bekannt; möglicherweise hat jedoch Greef ihr Vorkommen auf den Kanaren bereits festgestellt. »Von Aktinien«, schreibt er in seinem Reisebericht, »war auf Lanzarote eine grün- und violettgefärbte Form mit nicht zurückziehbaren Tentakeln (Anthea) die bei weitem vorherrschende.«

Neben den Seerosen waren in den Tümpeln des Felsenstrandes bei der Ermita de la Guadelupe violette und grüne Seeigel der Spezies Paracentrotus lividus außerordentlich häufig. Vereinzelt fand ich ein prachtvolles blauschwarzes Diadema mit riesigen Stacheln. Einsiedlerkrebse (Pagurus spec.) spazierten besonders in Olivagehäusen zahlreich umher. Noch mehr interessierte mich aber der Seehase (Aplysia ocellata), eine große Nacktschnecke, von den Spaniern Coño del mar genannt, die ich hier zum erstenmal lebend sah und in drei Exemplaren erbeutete. Mit ihren lappenförmigen Vorder- und ohrförmigen Hinterfühlern, den großen, über den Rücken heraufgeschlagenen Seitenlappen des Fußes und den schwarzen Ringen auf der grauen, runzligen Haut gewährt dieses Tier einen eigentümlichen Anblick. Äußerlich erscheint es nackt, doch liegt unter der Haut des Rückens eine längliche, gewölbte, biegsame und durchscheinende Schale. Wenn die Schnecke beunruhigt wird, so entleert sie aus den Drüsen am Mantelrand einen Purpursaft, der das Wasser und die Konservierungsflüssigkeit rötet.

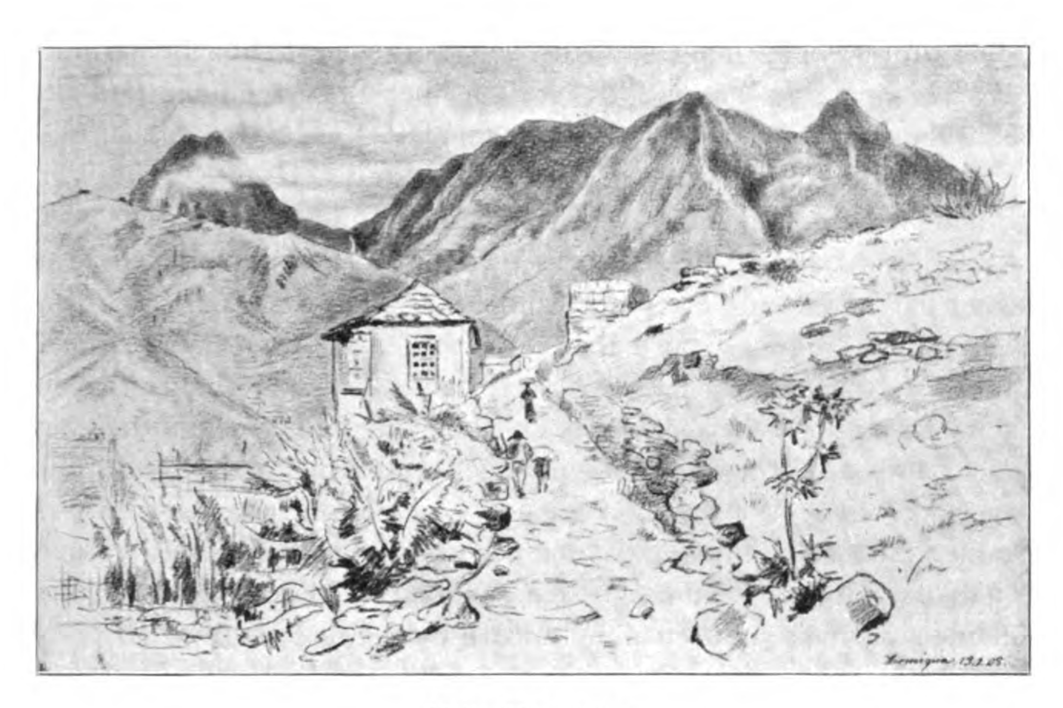
Zwischen den Algen der Tümpel erbeutete ich den fleischfarbigen Borstenwurm Eurythoë complanata und einen Röhrenwurm, dessen häutige Röhre dicht mit Muschel- und Schneckenschalenstückchen besetzt war. Die in den Tümpeln frei umherliegenden Steine waren mit kalkigen Wurmröhren und Kalkalgen überzogen. Von letzteren sammelte ich die glatten, rosa und weißgefärbten Krusten von Lithothamnium bisporum und die papillösen, weißen Krusten von Lithothamnium canariense. In den Höhlungen des Felsstrandes wucherten Schwämme der Gattungen Chondrosia und Reniera.

Ganz besonders reich erwies sich die Fauna unter den großen, platten Steinen, die den Ebbestrand bedeckten. Da wimmelte es von den kleinen, braunen Porzellankrabben (Porcellana platycheles), die durch ihre großen, am äußern Rand lang behaarten Scheeren auffallen und wahrscheinlich an den Küsten aller kanarischen Inseln vorkommen. Auch huschten ab und zu größere Krabben (Liolophus planissimus und Xantho rivulosus) beim Aufheben der Steinplatten davon. Von Stachelhäutern waren der Schlangenstern Ophiura laevis, der Seestern Asterias tenuispina und eine Seegurke vertreten. Die zwei Exemplare von Asterias tenuispina, die ich erhielt, zeigen in bezug auf die Zahl, Anordnung und verhältnismäßige Länge der Arme eine verschiedene Ausbildung. Das eine hat vier lange und vier kurze Arme, von denen die kurzen neben einander entspringen und eine Gruppe für sich bilden. Das andere hat acht ziemlich gleich lange Arme und einen neunten kürzeren Arm, der aus der Seite eines der längeren Arme nahe an dessen Basis entspringt. Ich fand unter den Steinplatten auch eine Seescheide, nach Hartmeyer eine typische Phallusia, die zur nordwesteuropäisch-mediterranen depressa-Gruppe gehört und innerhalb dieser Gruppe vielleicht eine neue Art darstellt, was aber noch näherer Untersuchung bedarf. Eine kleine, mit einem Byssus festsitzende Muschel und mehrere stark korrodierte Napfschneckenschalen mit je einem großen Seepockengehäuse darauf vervollständigen die von mir unter den Steinplatten gemachten Sammlungen.

Am Strande angeschwemmt fand ich endlich noch eine große, mit stark korrodierten Wurmröhren überzogene Tritoniumschale, eine kleine, mit Spirorbisröhren bedeckte Haliotisschale, mehrere ausgehöhlte und der Stacheln beraubte Seeigelschalen und einen Sepiaschulp.

Diese Sammlungen waren das Ergebnis von drei Exkursionen, die ich nach der Ermita de la Guadelupe unternahm. Auf der zweiten, die ich am 26. Januar 1907 in Begleitung meiner Schwester machte, verweilten wir zu lange bei der Ermita und wurden auf dem Rückweg im Barranco del Balo von der Dunkelheit überrascht. Es war eine stockfinstere Nacht und regnete etwas. Mühsam tasteten wir uns am südlichen Abhang des Barranco hinauf, verloren öfters den Pfad, fanden ihn aber stets wieder. Ich hatte auf dem Hinweg einen Sack mit Steinen unter

einen Wolfsmilchstrauch gelegt, um ihn auf dem Rückweg mitzunehmen; als ich jetzt danach suchte, fiel ich infolge der Schwere meines Rucksackes auf einen spitzen Stein und schlug mir in den Ballen der rechten Hand eine tiefe Wunde, so daß das Blut in Strömen floß. Nachdem wir die Hand mit dem Taschentuch verbunden hatten, setzten wir unseren Weg fort. mußten aber beim Abstieg in den Barranco de Bilbao davon absehen, weiter zu wandern. Nirgends erreichte ich mit meinem langen Wanderstabe Grund, und wir konnten weder vor- noch rückwärts. Wir lagerten uns daher am Fuße einer Felswand, wo wir einigermaßen geschützt waren und blieben hier mehrere Stunden. Leider hatten wir weder Mäntel noch Mundvorrat. Es war so stockfinster, daß wir nicht einmal die Uhr ablesen konnten. Die nächtliche Stille wurde nur durch das Zirpen der Grillen unterbrochen. Ich dachte an jene beiden schrecklichen Nächte, die ich zehn Jahre früher ohne jeden Schutz vor Nässe und Kälte, einsam und verirrt auf den norwegischen Fjelden zugebracht hatte, denen gegenüber das jetzige Abenteuer harmlos war. Als in der zweiten Nachthälfte das abnehmende Mondviertel am Himmel erschien, wurde es etwas heller, und wir fanden den Abstieg auf den Talboden. Hier aber verloren wir uns in der Dunkelheit, keiner wußte mehr, wo der andere war, und jeder mußte sich selbständig den Weg nach San Sebastian suchen. Ich kam als erster zu Hause an, meine Schwester eine Viertelstunde später. Wir konnten uns gratulieren, wieder unter Dach und Fach zu sein, denn gleich nach unserer Ankunft ging ein wolkenbruchartiger Regen nieder. Nachdem wir unseren Hunger mit einer Tasse Kakao gestillt hatten, begaben wir uns gegen fünf Uhr mit dem wonnigen Gefühl zu Bett, den harten Felsen mit dem weichen Strohsack vertauschen zu können.



Valle Hermigua

Fünftes Kapitel

Eine Bootfahrt nach Hermigua

Ich war erst vier Tage in San Sebastian, als ich es bereits für eine Woche verließ. Mein Landsmann und ein spanischer Händler hatten die Absicht, die Insel zu bereisen, und ich wollte mich ihnen anschließen, um einen vorläufigen Überblick über das Land zu gewinnen. Wir planten, zunächst auf dem Seewege längs der Küste nach Hermigua im Nordosten der Insel zu fahren und mieteten zu diesem Zweck ein großes Boot und sieben Fischer als Ruderer. Die Vorbereitungen und Verhandlungen mit den Leuten zogen sich so lange hin, daß wir erst gegen elf Uhr den Hafen von San Sebastian verließen. Anfangs hatten wir eine recht ruhige Fahrt, und ich konnte in Muße die hohen, steilen Basaltfelsen der Küste mit ihren tiefen Grotten betrachten. Bald aber wurde die See sehr stark bewegt, und das Boot tanzte in dem einen Augenblick auf der Höhe eines Wellenberges, um in dem anderen in die tiefste Tiefe eines Wellentales hinabzustürzen. Ich lag furchtbar seekrank auf dem Boden des Kahnes und mußte meine Ab-

sicht, unterwegs Plankton zu fischen, aufgeben. Schließlich wurde der Seegang so hoch, daß die Wellen über Bord schlugen und die Kaufleute für ihr Gepäck fürchteten. Die Fischer erklärten, uns nicht bis Hermigua rudern zu können, und setzten uns in der Bucht von San Lorenzo, einer öden, unbewohnten Stelle der Küste, ans Land. Von dort aus sollten wir Hermigua zu Fuß in einer halben Stunde erreichen können.

Die Landung war halsbrecherisch. Das Boot wurde dicht an die felsige Küste herangerudert, und nun kam es darauf an, in dem Augenblick, in dem es hoch oben auf der Welle tanzte, an das Land zu springen, denn im nächsten Moment hatte es die zurückgehende Welle schon wieder weit vom Ufer entfernt. Wir kamen aber alle mit Hilfe der Ruderer glücklich hinüber, und auch das Gepäck war nach einiger Zeit unbeschädigt auf der kleinen Mole der Lorenzobucht aufgestapelt. Die Fischer verließen uns und ruderten nach San Sebastian zurück, und wir konnten nun sehen, wie wir allein nach Hermigua gelangten. Es wurde beschlossen, daß ich zur Bewachung des Gepäckes zurückbliebe, bis die beiden Kaufleute in Hermigua Unterkunft gefunden und Maultiere zum Transport unserer Sachen herbeigeholt hätten. Meine Begleiter stiegen einen steinigen Pfad in die Höhe und waren bald meinen Blicken entschwunden.

Ich vertrieb mir die Zeit damit, die Felsen am Strand nach Tieren abzusuchen und sammelte Napfschnecken (Patella guttata), Strandschnecken (Litorina canariensis und L. affinis), Kreiselschnecken (Trochus saulcyi) und Seepocken (Chtamalus stellatus) als erste zoologische Trophäen Gomeras, wurde dabei aber von Kopf bis zu Füßen von der Brandung übergossen. Sodann bemühte ich mich, den steinigen Boden oberhalb der Mole aufzukratzen, um nach kleinem Getier zu suchen, erbeutete aber nach halbstündiger Arbeit nur einen einzigen Tausendfuß (Geophilus spec.), der mir glücklich wieder entwischte, als ich ihn in das Spiritusglas befördern wollte. So verflossen mehrere Stunden, ohne daß einer der Kaufleute zurückgekommen wäre. Gegen fünf Uhr abends kam endlich ein mir unbekannter Mann den Abhang herab und brachte mir folgende Karte meines Landsmannes: »Entschuldigen Sie bitte, wenn ich nicht wieder zurückkomme, da es anderthalb Stunde Weg ist und ich hier noch nicht weiß, wo wir Unterkommen finden. Fonda gibt es nicht. Der Weg ist

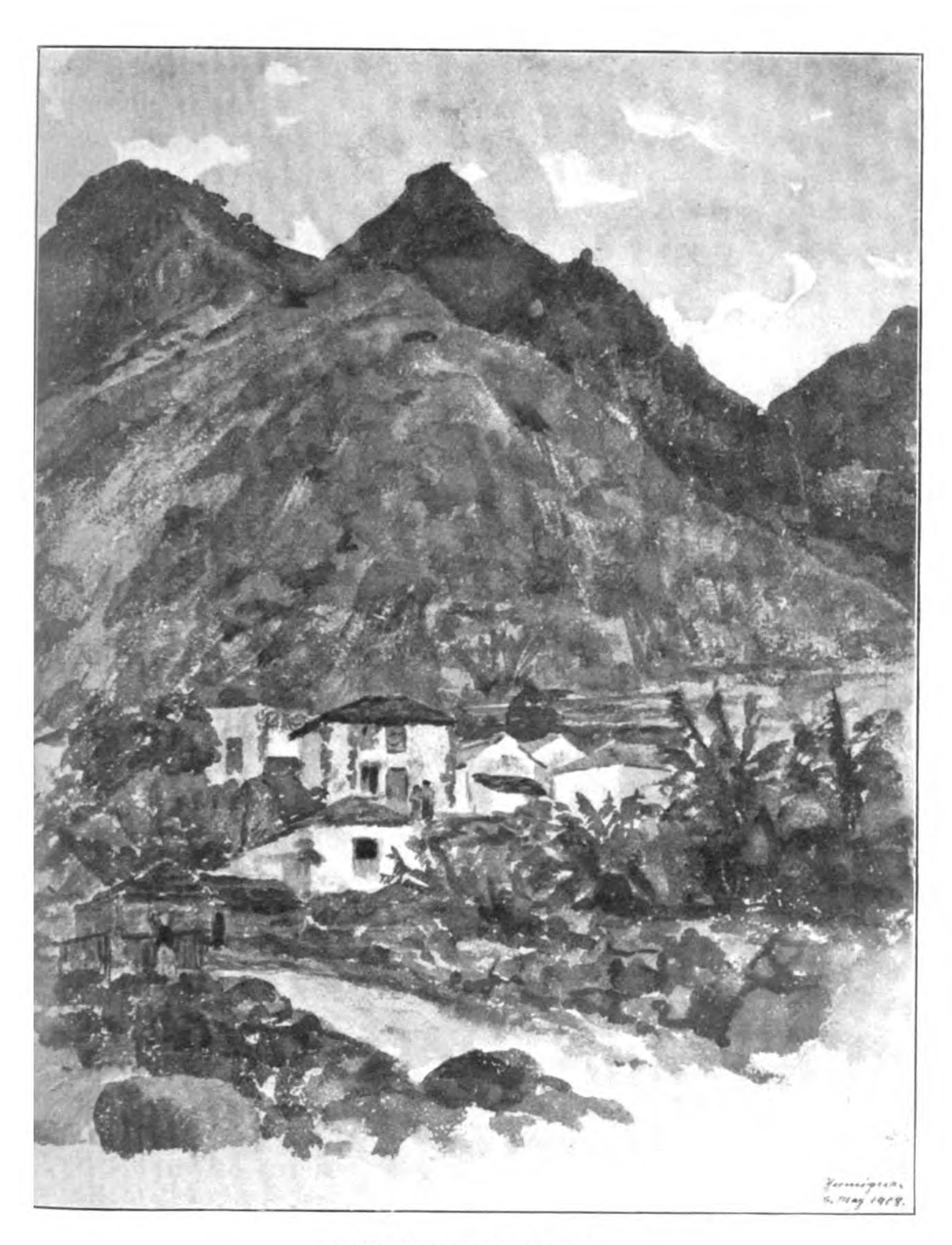
schlecht, aber nicht gefährlich.« Nach einer weiteren Stunde erschienen, als es bereits dämmerte, mehrere Männer und Jungen mit zwei Eseln und übergaben mir eine zweite Karte des Kaufmannes, auf der er mir schrieb: »Wir finden nicht genug Tiere heute. Bitte, sehen Sie, daß meine zwei Holzkisten, Ihre Sachen und die kleinen Sachen von mir auf den zwei Eseln verladen werden.«

Die Männer beluden die Esel, und die Kavalkade setzte sich bei Laternenschein in Bewegung. Der Weg führte bergauf und bergab durch steinige Gebirgswüsten. Nach etwa anderthalb Stunden erreichten wir die Höhe über Hermigua, von der aus wir die Lichter des Ortes erblickten. Hier erhob sich plötzlich ein orkanartiger Sturm, der mir den Sand ins Gesicht blies. Die Laterne erlöschte, und alle Versuche, sie wieder anzuzünden, waren zunächst vergeblich. Ich lernte bei dieser Gelegenheit die eigentümliche Pfeifensprache kennen, die sich bei den Gomeros seit Jahrhunderten herausgebildet hat und vermöge deren sie sich auf weite Entfernungen hin zu verständigen vermögen, was bei der zerrissenen Oberflächenbeschaffenheit ihres Landes sehr zweckdienlich ist. Die Leute setzten die Finger an den Mund und pfiffen, worauf sie aus der Tiefe des Tales in gleicher Weise Antwort erhielten. Ehe jedoch die ersehnte Hilfe kam, hatten wir nach einer halben Stunde des Wartens auf der stürmischen Höhe die Laterne wieder anzuzünden vermocht und konnten den Abstieg in das Tal wagen, der um so beschwerlicher war, als es angefangen hatte, in Strömen zu regnen. Unterwegs begegneten wir den Männern, die durch das Pfeifen herbeigerufen worden waren, und in Begleitung von wenigstens sieben oder acht Personen langte ich glücklich in Hermigua an, wo ich in einer kleinen Tienda mit den beiden Kaufleuten wieder zusammentraf. Wir erhielten Nachtquartier in dem Hause des Don Fernando am Ausgang des Tales, mußten uns aber zu drei mit einem einzigen Zimmer begnügen, dessen Luft dadurch nicht verbessert wurde, daß der spanische Kaufmann jeden Abend im Bett seine Zigaretten rauchte.

Am nächsten Tage zog ich, mit Rucksack und Sammeltasche viel zu schwer beladen, das Tal hinauf. Dieses ist viel anmutiger und fruchtbarer als die Gegend von San Sebastian, und besonders fallen die zahlreichen Bananenfelder auf, die sich

am Bach hinziehen. Die Bananenkultur spielt auf den kanarischen Inseln seit dem 16. Jahrhundert, wo die Banane mit Sklaven für die Zuckerrohrpflanzungen von der Guineaküste nach Gran Canaria gebracht wurde, eine große Rolle. Der Wert der Ausfuhr betrug im Jahre 1906 8 666 160 Mark. Die Pflanzungen werden auf bewässerten Lavafeldern angelegt, von denen man die Blöcke entfernt hat. Die Felder sind durch niedere Dämme in Vierecke geteilt, die alle vierzehn Tage mit Wasser gefüllt werden. Die kultivierten Bananen tragen niemals Samen. Die Vermehrung erfolgt auf vegetativem Weg, indem entweder die jungen Schößlinge gepflanzt werden, die am Grunde des Haupttriebes hervorsprossen, oder die Strünke, die nach dem Kappen übrig bleiben. Sie blühen nach 12 bis 18 Monaten. Jede Fruchttraube besteht aus 7 bis 14 Querreihen von Früchten, sogenannten »Händen«, und der Verkauf erfolgt nach der Anzahl der Hände. Eine Traube von 12 Händen kostet 5, eine solche von 7 Händen 1 Franken. Das Gewicht einer Traube beträgt 25—60 Kilo. Die Ernte währt das ganze Jahr hindurch, die Hauptzeit fällt in die Monate Juni bis August. Auf die Verpackung der Trauben wird die größte Sorgfalt verwendet. Watte, Papier, französisches Weizenstroh, trockene Bananenblätter und ein Lattenverschlag aus schwedischem Fichtenholz bilden die verschiedenen Umhüllungen, mit denen jede Traube versehen wird.

An den Ufern des Baches, der die Bananenfelder von Hermigua durchfließt, wollte ich sammeln. Ich hoffte ein einsames Plätzchen zu finden, aber in dieser Hoffnung wurde ich getäuscht. Die Häuser ziehen sich das ganze Tal hinauf, und ich kam überhaupt nicht aus dem Orte hinaus. Auf dem Wege begegnete ich auf Schritt und Tritt Leuten, und die Neugier, besonders der Kinder, war ganz unerträglich. Als ich anfing, die Steine am Bach umzuwenden, war ich bald von so vielen Kindern umringt, daß ich meine Tasche wieder zuschnallte und weiter talaufwärts zog. Ich suchte mir jetzt einen Platz, der etwas abseits vom Wege lag und wo der Bach von diesem aus nicht zu sehen war, da er durch eine enge Schlucht floß. Aber bald hörte ich Stimmen über mir von den Bergen und sah, wie die Leute mir aus der Vogelperspektive zuschauten. Nachdem ich allerlei kleines Getier in meine Gläser gesteckt hatte, kochte ich mir als Mittagsmahl eine Erbsensuppe, wobei ich von einer Frau unab-



Valle Hermigua, Gomera

lässig beobachtet wurde, aber als ich mitten in dieser Beschäftigung war, ging ein wolkenbruchartiger Regen nieder, der in den Suppentopf nur so hineinprasselte und mich zu schleuniger Rückkehr zwang.

Am nächsten Tag konservierte ich an dem kleinen Nachttischchen, das mir als Präparier- und Schreibtisch diente und an dem ich abends bei flackerndem Stearinlicht mein Tagebuch schrieb, die gesammelten Tiere. Die Ausbeute war nicht gerade groß. Unter den Steinen am Ufer des Baches hatte ich zwei peregrine, gemäßigt eurasisch-nordamerikanische Formen von Regenwürmern (Eiseniella tetraedra und Helodrilus caliginosus), die Asseln Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis, die Tausendfüßer Pachymerium ferrugineum und Brachydesmus proximus, die Spinnen Zoropsis rufipes und Tarentula mayi — eine Spezies, die Herr Dr. Strand mir zu Ehren genannt hat — den Ohrwurm, Anisolabis annulipes und die Grillen Gryllus bimaculatus, G. brunneri, G. hispanicus und Gryllotalpa africana gefunden, unter den Steinen im Bach und im Bachschlamm den Strudelwurm Planaria gonocephala. Mit Ausnahme des letzteren und der Asseln erhielt ich von jeder Art nur wenige Exemplare.

Nach Bergung dieser Schätze bereicherte ich im Bananengarten der kleinen Tienda, in der ich zu Mittag speiste, meine Sammlungen. Ich fand dort unter Steinen die neue Tausendfußspezies Pachyjulus tiendarius, deren Name die Tienda Hermiguas verewigt, eine Spinne der Gattung Thanatus, einen Borstenschwanz der Gattung Ctenolepisma, den Ohrwurm Anisolabis annulipes, die Grille Gryllus hispanicus und einige Exemplare der Schnirkelschnecke Caracollina lenticula. Der Inhaber der Tienda brachte mir ein stark abgeflogenes Exemplar eines Windigschwärmers (Sphinx convolvuli), das er in einem Einmachglase gefangen hatte. Dieser Schmetterling war bisher aus dem kanarischen Gebiet nur von Teneriffa und La Palma bekannt. Simony traf ihn im September 1888 häufig im botanischen Garten von Orotava auf Teneriffa, wo er in den ersten Abendstunden massenhaft auf blühenden Winden schwärmte, sowie am 2. September 1889 im Hausgarten eines Landmannes bei Fuencaliente auf La La Palma in 650 m Seehöhe.

Es war jetzt wieder schönes Wetter, das auch am folgenden Tag, Sonntag, den 1. Dezember, noch anhielt. Ich ging hinunter

an den Strand, wo die Brandungswellen prachtvoll rollten, und wollte sehen, ob dort Seetiere angespült seien, fand aber nur zwei vertrocknete Segelquallen (Velella spec.). Ich drehte daher die großen Steine, die auf dem Sande des Strandes lagen, um, und fand hier besonders eine sehr große Anzahl der Assel Tylos latreillei, die zusammengerollt in Löchern des Sandes lagen. Meine weitere Ausbeute bestand in einigen Exemplaren des Flohkrebses Talitrus saltator, einem unreifen Exemplar einer zur Gattung Thanatus gehörigen Spinnenspezies, zwei kleinen Tausendfüssern, zwei Männchen der Heuschrecke Epacromia thalassina, einem Weibchen der Heuschrecke Acrotylus insubricus, ziemlich vielen Exemplaren des Schwarzkäfers Hegeter tristis und 13 kleinen Nacktschnecken, von denen 5 der Spezies Amalia gagates und 8 der Spezies Agriolimax laevis angehörten.

Ich muß nun von einer Exkursion berichten, die eines gewissen komischen Beigeschmacks nicht entbehrt. Ich hatte in Bolles Gomeraschilderung von den großen Höhlen gelesen, die sich auf der Insel befinden sollten, von der Cueva de Vargas im Barranco de la Villa, in die sich die Einwohner während der Barbaresken-Invasionen flüchteten, von dem seine Gallerien in scheinbar endlose Finsternis hineinerstreckenden natürlichen Souterrain bei Santiago, das früher als Magazin für die zu verschiffenden Weizenvoräte diente, von der Höhle von Chenorepin in der Jurisdiktion Agulo, von der Cueva del Sobrado im Hermiguatale und der Cueva Encantada im Valle Hermoso, deren Ende noch niemand hatte finden können. Es schien mir nicht unmöglich, in diesen Höhlen typische Dunkeltiere, wie blinde Insekten, Krebse und Fische zu finden. Ich hatte davon mit dem Schullehrer in San Sebastian gesprochen, und seitdem war, wie mir einer der Offiziere später erzählte, unter der Bevölkerung das Gerücht verbreitet, ich sei nach Gomera gekommen, um blinde Fische zu sammeln, weshalb mich die Leute wohl für nicht ganz gescheit hielten.

In der von Bolle erwähnten Cueva del Sobrado bei Hermigua wollte ich meine Forschungen beginnen. Ich erkundigte mich nach der Lage der Höhle, und man zeigte mir vom Boden des Tales aus eine etwa 300 m hoch am linken Talhang gelegene Öffnung. Um zu ihr zu gelangen, war ein Führer nötig, und ich bestellte diesen auf Montag, den 2. Dezember. Wir stie-

gen einen ungeheuer steilen und beschwerlichen, stellenweise gefährlichen Ziegenpfad hinauf und erreichten nach zwei Stunden die Hochfläche über dem Tal. Diese war mit lehmigem Ackerboden bedeckt, der pfundweise an den Stiefeln hängen blieb. Von Pflanzen fielen mir die zahlreichen Wedel des Adlerfarn (Pteris aquilina) auf. Er wird von den Spaniern Helecho genannt und ist auf den kanarischen Inseln sehr verbreitet, besonders in der Bergregion. Er meidet tiefen Waldesschatten, findet sich aber um so häufiger, wo der Forst gelichtet ist und kommt als herrschendes Gewächs besonders da vor, wo Ackerbau getrieben und dann wieder aufgegeben wurde, was auf der Hochfläche über dem Hermiguatale der Fall zu sein schien. Die Wurzelstöcke des Adlerfarn sind reich an Stärkemehl und werden auf Gomera gedörrt und zu einem Mehl gemahlen, das ein schwarzes, schweres Brot von leicht bitterlichem Geschmack liefert, das von der ärmeren Bevölkerung gegessen wird. Schon der Chronist Azurara redet in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts von »Binsenwurzeln« als Hauptnahrung der Gomeryten.

Von der Hochfläche mußten wir wieder eine Strecke an der Felswand abwärts steigen, um zu der Cueva del Sobrado zu gelangen. Ich sah eine hohe, aber flache Höhlung im Felsen und glaubte, daß in ihr irgendwo der Eingang unter die Erde sein müsse. In der Tat bemerkte ich an der einen Seite der Wölbung eine mit Gesträuch verwachsene Spalte, die in das Erdinnere hineinzuführen schien. Ich zündete meine Azetylenlampe an, gab dem Mann eine brennende Stearinkerze in die Hand, hing meinen Mantel um, zum Schutz gegen die vermutlich in der Höhle herrschende Kälte und wollte die Wanderung unter die Erde antreten. Der Führer, mit dem ich wegen meiner mangelhaften Kenntnis des Spanischen nicht reden konnte, sah dem allen ganz gelassen zu und nahm auch das Licht wortlos in die Hand, ohne jedoch die geringsten Anstalten zu machen, mir zu folgen. Endlich wurde es mir klar, daß die offene, vollständig helle Grotte bereits die ganze Cueva del Sobrado war und ein Eingang in das Innere der Erde überhaupt nicht existierte. Mit der Erforschung der Höhlenfauna war es also nichts, und auch die übrigen Höhlen Gomeras, die ich später kennen lernte, trugen denselben Charakter, mit Ausnahme der Cueva de Vargas im Barranco de la Villa, die allerdings dunkel ist, aber keinerlei lebende Wesen enthielt. Nach

Santiago, wo sich die unterirdischen Galerien finden sollen, kam ich leider nicht, und nach der Cueva Encantada, der »verzauberten Höhle« im Valle Hermoso, erkundigte ich mich bei mehreren Personen, die mit der Gegend vertraut waren, vergeblich.

Ich mußte mich nun damit begnügen, in der Cueva del Sobrado und ihrer Umgebung die auf dem Boden umherliegenden größeren Steine umzuwenden und das kleine Getier darunter zu sammeln. Ich fand den Regenwurm Helodrilus caliginosus, die Schnecken Caracollina discobolus und Buliminus rupicola, die Assel Metoponorthus pruinosus, einen Flohkrebs, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae und Pachyjulus sansibastianus, die Spinne Teutana grossa, eine in Europa häufige und auch auf der antarktischen Insel St. Paul vorkommende Spezies, den Borstenschwanz Ctenolepisma lineata, den Ohrwurm Anisolabis maxima, die Wanze Scantius aegyptius, den Kurzflügler Staphylinus olens, den Schwarzkäfer Hegeter tristis, den Laufkäfer Calathus auctus und 3 Sackträgerpuppen, deren walzenförmiger Sack wie bei Psyche viciella mit feinen, quergestellten Grasstengeln bedeckt war. Nur die Asseln, Schwarz- und Laufkäfer erhielt ich in größerer Individuenzahl.

Auf dem Rückweg suchte ich auch unter den Steinen des Ackerlandes auf der Hochfläche nach kleinem Getier und fand dort zahlreiche Exemplare der Asseln Porcellio scitus und Metoponorthus pruinosus, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae und Pachyjulus sansibastianus, 3 Larven und 1 Männchen von Gryllus hispanicus, zahlreiche Exemplare des Kurzflüglers Staphylinus olens, zwei Exemplare des Schwarzkäfers Pimelia costipennis und einen Laufkäfer (Zabrus spec.).

Als ich am Nachmittag von meiner Exkursion zurückkehrte, erwarteten mich vor meiner Wohnung in Hermigua mehrere Jungen, die mir aus Ñamesblättern gefertigte und mit Grashalmen zugebundene Bündelchen überreichten. Als ich sie öffnete, entschlüpften ihnen Eidechsen und Frösche, die die Jungen in Erwartung klingender Münze für mich gesammelt hatten. Auch an den beiden nächsten Tagen erschienen diese dienstbaren Geister, und ich hatte bald die wenigen Reptilien und Amphibien, die Gomera aufzuweisen hat, beisammen.

Von Reptilien kommen nur drei Eidechsenarten vor: die Lacertide Lacerta galloti, der Skink Chalcides viridanus und der

Gecko Tarentola delalandei, von Amphibien nur eine Varietät des Laubfrosches: Hyla arborea var. meridionalis.

Lacerta galotti, von den Isleños Lagardo genannt, findet sich außer auf Gomera noch auf Teneriffa und La Palma. Sie ist überall verbreitet mit Ausnahme der Waldgebiete, die durch fetten Humusboden ausgezeichnet sind. Die günstigsten Standortsverhältnisse sind nach Steindachner jene Distrikte, wo schwarzgraue, von stark zerklüfteten Schlackenmassen bedeckte Lavaströme unmittelbar an reich kultivierte Gebiete grenzen. Hier sonnen sie sich um die Mittagszeit auf den erhitzten Blockflächen, um beim geringsten Geräusch im Geklüft zu verschwinden. Leichter sind sie zu fangen, wenn sie in halb erstarrtem Zustand unter Steinen liegen. Ihre Nahrung besteht aus Käfern und Früchten. Die Körperlänge der 20 Exemplare, die ich auf Gomera sammelte, beträgt 80 bis 250 mm. Bei den jüngeren Exemplaren ist der Schwanz meist verhältnismäßig viel länger als bei den älteren, wie denn auch Steindachner erwähnt, daß bei keinem der alten Individuen des Wiener Museums die Körperlänge mehr als 280 mm beträgt, während sie bei viel jüngeren Individuen bereits 300 mm übersteigt. Es erklärt sich dies daraus, daß bei jenen der Schwanz fast von der Wurzel an, bei diesen dagegen erst in der hinteren Hälfte oder im letzten Längendrittel regeneriert ist. Ich habe in meiner Sammlung ein altes Exemplar, das von der Schnauze bis zur Schwanzspitze 135 mm mißt, von denen 90 mm auf den Körper und 45 mm auf den Schwanz kommen. Ich besitze ferner ein junges Exemplar, das 175 mm Gesamtlänge hat, von denen 45 mm auf den Körper und 130 mm auf den Schwanz kommen. Bei jenem ist der Schwanz halb, bei diesem fast doppelt so lang als der Körper. In der Färbung stimmen kaum zwei Individuen vollständig mit einander überein; namentlich sind die 4—5 hellen Längsstreifen so verschieden ausgebildet, daß man verschiedene Arten vor sich zu haben glaubt. Bei zwei alten Exemplaren meiner Sammlung fehlen die hellen Längsstreifen vollständig.

Von dem schön bronzefarbenen, blaugetüpfelten Skink Chalcides viridanus, der Lisneja der Kanarier, sammelte ich 10 Exemplare, die ich teils unter Steinen fing, teils von Jungen kaufte. Ihre Körperlänge schwankt zwischen 75 und 150 mm; Färbung und Zeichnung sind bei allen wesentlich gleich. Der

Skink findet sich auch auf Teneriffa, Gran Canaria und Ferro von der Küste bis zu Höhen von 670 m. Seine Hauptnahrung scheint aus kleinen, unter Steinen lebenden Insekten, Spinnen und Würmern zu bestehen, während er Früchte verschmäht.

Der Gecko Tarentola delalandei lebt auf Teneriffa, Gomera, Ferro und Gran Canaria in den waldlosen Gebieten der basalen Region. Am häufigsten ist er in Blockhaufen am Rande von Getreidefeldern anzutreffen. Überhaupt bezeichnen nach Steindachner die unteren und oberen Grenzen dieser Felder auf jeder Insel der westlichen Gruppe zugleich die Grenzen der vertikalen Verbreitung des Perinquén, wie die Isleños den Gecko nennen. So fand Simony ein Exemplar noch in 1150 m Meereshöhe nächst dem von Getreidefeldern umgebenen Weiler El Caserio Pavon, während der Gecko andererseits bei San Sebastian auch in nächster Nähe des Strandes unter Blöcken von Feldmauern sehr häufig vorkommt. Das Tier findet sich ferner unter einzeln liegenden, größeren Steinen auf Stoppelfeldern, und wenn man einen solchen Stein umkehrt, so verläßt es ihn nicht, sondern begibt sich mit großer Schnelligkeit auf die neue Unterseite, wo es wie angeklebt hängen bleibt. Es wird auch zuweilen in den Häusern angetroffen und läuft dort vermöge seiner mit Saugplatten versehenen Zehen an den Wänden und Decken hin, um die schlafenden Fliegen zu verzehren. Ich sammelte auf Gomera unter Steinen 38 Exemplare, deren Körperlänge 45—110 mm beträgt. Die Zeichnung variiert nur insofern, als bei den jüngeren Exemplaren die schwärzlichen Flecken und Binden der Rückenseite sich von der grauen Grundfarbe deutlicher abheben als bei den älteren.

Der einzige Vertreter der Batrachier ist auf Gomera der Laubfrosch (Hyla arborea), der sich auf allen Kanaren mit Ausnahme der kleinen, unbewohnten Isletas vorfindet und zwar in einer von Boettger als meridionalis bezeichneten Varietät. Diese unterscheidet sich in der Körperzeichnung konstant von dem europäischen Typus, bei dem ein stets deutlicher, schwarzer oder grauer, weiß eingefaßter Seitenstreifen vom Hinterrand des Auges bis an die Hüften verläuft, während bei meridionalis nur vorn ein Seitenstreifen auftritt, so daß hinten die Farben des Rückens und Bauches ganz allmählich ineinander übergehen. Ferner zeichnet sich die kanarische Varietät durch einen besonders großen Kehlsack aus, und sehr häufig ist der eine Hinterfuß bedeutend länger

als der andere. Auch liebt sie nach Bolle das Wasser mehr als die mitteleuropäische Form.

Die Zeichnung der Rückenseite ist bei den einzelnen Exemplaren einer und derselben Lokalität oft recht verschieden Alle Variationen, die von Steindachner angeführt werden, fand ich bei den von mir in Hermigua gesammelten Exemplaren vor. Von den 16 Individuen sind 3 so gut wie fleckenlos, 7 sind mit wenigen großen, meist ziemlich undeutlichen, rundlichen Flecken versehen, 5 haben zahlreiche kleine, rundliche Flecken, die teilweise sehr scharf hervortreten und deren Zwischenräume mit kleinen, unregelmäßig gestalteten Flecken mehr oder minder dicht besetzt sind, und bei einem Exemplar ist der ganze Rücken überaus dicht und zart dunkel gesprenkelt. Es ist möglich, bei diesen 16 Exemplaren derselben Lokalität alle Übergänge von der fleckenlosen bis zu der gesprenkelten Form zu verfolgen. Die 7 Exemplare, die ich in San Sebastian erhielt, sind alle sehr undeutlich gefleckt, mit Ausnahme eines Exemplares, das ich nach einem heftigen Regen im Hofe meines Hauses fing. Dieses ist hellbraun mit zahlreichen deutlich abgegrenzten, dunkelbraunen, rundlichen Makeln und kleinen, unregelmäßig gestalteten Flecken.

Der Laubfrosch findet sich auf Gomera an allen Wasserläufen der basalen und Waldregion und macht sich durch sein sehr lautes Quaken weithin bemerkbar, während er schwer zu sehen ist, da er sich unter Pflanzen verbirgt. Am Tage verkriecht er sich auch unter Steinen, wie zwei Exemplare beweisen, die ich an der Felswand hinter Agulo und auf dem Talboden von Valle Gran Rey fing. Nach Steindachners Angabe klingt das Quaken der kanarischen Varietät viel härter als das der typischen Form, steht aber wie dieses außerhalb jeder Beziehung zu den jeweiligen Witterungsverhältnissen.

Während die Eidechse Lacerta galloti und der Skink Chalcides viridanus ganz auf die Kanaren beschränkt sind, kommt der Gecko Tarentola delalandei auch auf Madeira und am Senegal, und die Varietät meridionalis von Hyla arborea auch in Südfrankreich vor. Lacerta galloti gilt als ein Ausläufer der Perleidechse (Lacerta ocellata), die in Südfrankreich, auf der pyrenäischen Halbinsel und in Nordafrika vorkommt. Chalcides viridanus steht der leicht verschleppbaren Form Chalcides ocellatus von Marokko, Ägypten, Spanien und Sardinien sehr nahe und

wurde früher nur als eine Lokalvarietät dieser Spezies aufgefaßt. Tarentola delalandei nähert sich auffallend der südeuropäischen Tarentola mauritanica. Am frühesten von allen Kriechtieren und Lurchen ist wohl Lacerta galloti nach den Kanaren gelangt, da sie am meisten von allen lebenden Arten abweicht, dann folgten der Gecko und der Skink, die wohl durch Vermittlung des Menschen eingeschleppt wurden, ebenso wie der zuletzt eingewanderte Laubfrosch.

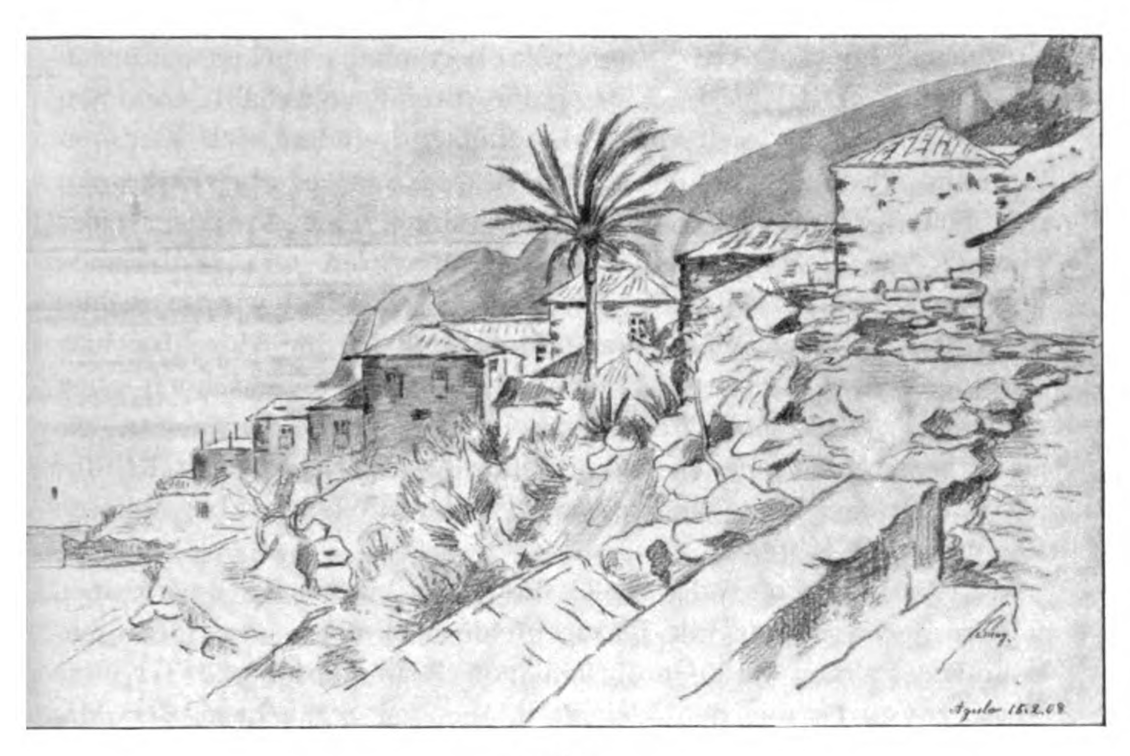
Außer diesen vier auf Gomera vertretenen Reptilien- und Amphibienarten kommen noch die folgenden sechs auf den kanarischen Inseln vor: Lacerta simonyi auf Gran Canaria und Ferro, Lacerta atlantica auf Fuerteventura, Lanzarote und den Isletas außer dem Roque del Infierno, Chalcides simonyi auf Fuerteventura, Tarentola mauritanica var. angustimentalis auf Fuerteventura, Lanzarote, Graciosa und Allegranza, Thalassochelys caretta auf Teneriffa, Gran Canaria und Lanzarote und Rana esculenta var. hispanica auf Teneriffa und La Palma.

Am Mittwoch, den 4. Dezember, nahm ich mir einen Jungen und sammelte mit seiner Hilfe am Rande des Baches. Außer zahlreichen Exemplaren der Asseln Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis sowie der Maulwurfsgrille Gryllotalpa africana, einem Weibchen und einer Larve des Ohrwurmes Anisolabis annulipes, einer Wanzenlarve (Oneocephalus spec.), einigen Exemplaren der Käfer Gonocephalum rusticum und Hegeter tristis, einem nicht ganz reifen Weibchen der Spinne Tarentula ferox und einem Weibchen der Spinne Tarentula maur. erbeutete ich hier unter Steinen massenhaft die auch in Europa häufige Spinne Tarentula cinerea und gegen 50 Exemplare der kleinen, grauen Nacktschnecke Agriolimax laevis. Diese hat, wie mir Herr Professor Simroth mitteilt, ganz das Aussehen wie der Agriolimax agrestis auf den Azoren. Simroth glaubte daher diesen vor sich zu haben und war erstaunt, daß es der Agriolimax laevis in der rein weiblichen Form war, wie sie bei uns selten und wohl nur bei jungen Tieren vorkommt, während sie in den Tropen und Subtropen von Madagaskar, Ceylon und Amerika vorherrscht. Die Schnecke fehlt in Südeuropa, wo sie an den südlichen Alpenabhängen erlischt, und Simroth sieht daher in ihrer Verbreitung eine Bestätigung seiner Pendulationstheorie. Einige Regenerate am Schwanzende der von mir gesammelten

Exemplare hängen nach seiner Ansicht mit der üblichen Verfolgung durch Eidechsen zusammen, die am Hinterende anzufassen scheinen, woraus sich bei einigen anderen Nacktschnecken das autotomische Abwerfen des Schwanzendes entwickelt hat.

Die wenigen Gläser, die ich mit nach Hermigua hatte nehmen können, waren bald gefüllt und der Alkohol aufgebraucht. Ich beschloß daher, nicht mit den beiden Kaufleuten weiter zu reisen, sondern direkt nach San Sebastian zurückzukehren und die Umwanderung der Insel auf eine spätere Zeit zu verschieben. Ich hörte am 4. Dezember, daß um drei Uhr nachmittags ein kleiner Fruchtdampfer nach San Sebastian abgehen solle, packte daher in aller Eile meine Sachen und begab mich an den Hafen. Der Dampfer lag bereits da, aber hinüberfahren konnten die am Ufer wartenden Reisenden noch nicht, da noch geladen wurde. Am Strande lagen massenhaft Pakete mit Bananen aufgehäuft, die in das Boot geschafft wurden, das zwischen Schiff und Küste hin und her fuhr. Das Laden wollte kein Ende nehmen, und immer neue Waren wurden von den schlanken Mädchen, die mit ihren nackten Füßen höchst anmutig über die Felsen sprangen, herbeigetragen. Es wurde drei, vier, fünf Uhr, und noch immer fuhr das Boot von der Küste zum Schiff und vom Schiff zur Küste. Endlich, gegen sechs Uhr, als es schon dunkel war, sollte die Einschiffung der Reisenden erfolgen. Es war eine aufregende Szene. Jedesmal, wenn das Boot auf der Brandungswelle in die Höhe kam, schrieen die Leute am Ufer: a hora! a hora! (jetzt! jetzt!), und jedesmal flog ein unglücklicher Passagier wie ein Stück Vieh von der Höhe des Felsens in das Boot hinab, in das auch mein mit Glassachen gefüllter Koffer geworfen wurde. Als die Menschen glücklich unten angelangt waren, sollte auch noch ein Ochse geladen werden. Mit furchtbarem Geschrei wurde das Tier in das Wasser getrieben, versank nach gewaltigem Satz in den Fluten, tauchte wieder auf und wurde dicht neben mir am Rande des Bootes mit den Hörnern festgebunden. Als wir am Schiff angekommen waren, erfolgte zunächst das Aufwinden des Ochsen, und dann kletterten die Reisenden aufs Deck. Eine Schiffstreppe war nicht vorhanden, und halb gezogen, halb geschoben kam ich glücklich nach oben. Da stand ich nun in stockfinsterer Nacht auf dem über und über mit Waren versperrten Deck. Ich rettete mich über ein großes Boot und eine eiserne

Leiter auf die Kommandobrücke und blieb hier während der ganzen Fahrt stehen. Nach etwa einer Stunde wurde das Leuchtfeuer von San Sebastian sichtbar und warf schlängelnde Lichtstreifen auf die Felsen. Dann tauchten die Lichter von San Sebastian auf, und der Anker rasselte in die Tiefe. Ich sprang ins Boot und wurde durch die Brandung an den Strand getragen. Zwei kleine Jungen balgten sich um meinen Koffer, ein ganz kleiner Knirps erwischte ihn, brach aber unter seiner Last zusammen. Schließlich trugen ihn beide gemeinsam in mein Haus. Ich öffnete ihn sofort und fand glücklicherweise alles wohl erhalten. Dann wusch ich mich von Kopf bis zu Füßen, zog mit Wonne frische Wäsche an und legte mich mit der angenehmen Empfindung zu Bett, endlich wieder allein schlafen zu können.



Agulo

Sechstes Kapitel

Rund um die Insel

Am Mittwoch, den 12. Februar 1908, trat ich mit meiner Schwester eine Fußreise rund um die Insel an. Gegen sieben Uhr früh erschien der vom Bürgermeister besorgte Führer mit einem für das Gepäck bestimmten Esel. Kaum waren wir jedoch am Ausgang des Ortes angekommen, so hatte der Mann die Sache bereits satt, bedeutete uns, daß er ein schlimmes Knie habe und rief einen anderen Mann vom Felde herbei, dem er Esel, Mundvorrat und uns selbst übergab. Das Ziel unserer Tageswanderung war Hermigua. Wie ließen die Kakteen- und Tomatenfelder, die Agaven, Feigenbäume, Palmen und spärlichen Bananen, die am nördlichen Ende der Stadt den Weg begrenzen, hinter uns und betraten den mit Steingeröll bedeckten Talboden des Barranco de la Villa, auf dem die hellgrünen, hängenden Bäumchen des Balo (Plocama pendula) kleine Wäldchen bildeten. An den braunen Seitenwänden des Tales wuchsen die blaugrünen

Sträucher der Tabayba (Euphorbia berthelotii) und des Cardon (Euphorbia canariensis). Eine halbe Stunde oberhalb von San Sebastian verengt sich das Tal bedeutend, indem sich hier von ihm ein nördlicher Seitenast, der Barranco seco, abzweigt. An der Teilungsstelle liegt der Fleck Molinito, eine Gruppe weißer Häuser, die von schönen Palmen und vielen Orangenbäumen überragt werden. Weiter aufwärts wird das Tal wieder steinig und öde, obgleich viele Wasserläufe den Boden durchfurchen. Auf der linken Talseite erhebt sich in dieser Gegend hoch oben eine glatte, senkrechte Felswand, eine sogenannte Tarapucha, die einen herausgewaschenen vulkanischen Gesteinsgang darstellt. Ihr folgt in gleicher Höhe eine mit kanarischer Wolfsmilch bewachsene kegelförmige Klippe.

Wir ließen die öden Teile des Tales hinter uns und kamen wieder durch Finkas mit Kakteenfeldern, Feigen- und Orangenbäumen, Palmen und Geröhricht von Arundo donax. Größere Strecken waren mit den kleinen, blühenden Sträuchern der Magarza (Chrysanthemum frutescens) übersät. An den Ufern des Baches, den wir wegen seiner vielen Windungen oft auf Steinen und Felsblöcken überspringen mußten, bemerkten wir die riesigen, pfeilförmigen Blätter der Ñame (Colocasia esculenta), einer tropischen Aroidee, die auf den Kanaren viel in der Nähe der Bäche angebaut wird und deren stärkemehlreiche Wurzelstöcke in Scheiben geschnitten und gebraten werden. Je weiter aufwärts wir kamen, desto lieblicher wurde das Tal, desto üppiger die Vegetation. Die Häuser lagen vielfach malerisch am Abhang der Berge und waren oft wie kleine Schweizerhäuser mit Altanen versehen. Nach Überschreitung einer stark verbreiterten Stelle des Baches, wo die zierliche gelbe Bachstelze (Calobates sulphurea), die Pispa oder Levandera der Kanarier, ihr Wesen trieb, führte uns der Weg längs einer Felswand hin, die eine zum Teil freistehende, von einem mächtigen Felsbogen durchbrochene Gangmauer war, deren Gestein ausgesprochen dünnplattige Absonderungserscheinungen zeigte. In ihr befand sich der Eingang zu einer kleinen Höhle, der Cueva de Vargas.

Das Tal verengte sich nun immer mehr, der Bach brach sich vielfach durch enge Schluchten und stürzte in kesselartige Erweiterungen, in denen das Wasser eine grüne Färbung zeigte. Die Wände der Schluchten bedeckte das zierliche Venushaar

(Adiantum capillus veneris), ein Farnkraut, das sich auf den Kanaren überall da findet, wo Feuchtigkeit durch das Gestein sickert, die es zum Wohle des Menschen zurückhält und so die Austrocknung des Bodens verhindert. Auch sammelte ich Notochlaena marantae, einen Farn, der hauptsächlich in dem Gürtel verbreitet ist, durch den das Litoral sich der Waldregion anschließt. Bei einer dicht bewachsenen Schlucht stieg der Pfad stark bergan, und wir überschritten einen kleinen, mit einigen Häusern bedeckten Rücken, von dessen Höhe wir in einen besonders fruchtbaren und reich bebauten Teil des Tales hinabschauten. Noch weiter aufwärts wurde das Tal wieder öde, obgleich die Abhänge einen grünlichen Anflug bewahrten. Der auf den Kanaren an offenen, trockenen Standorten so häufige, aus dem westlichen Mittelmeergebiet stammende Strauch Juagarzo (Cistus monspeliensis) trat auf und erfreute das Auge durch seine großen, weißen Blüten. Auch bemerkte ich auf unserem Wege die kanarische Weide (Salix canariensis) und sammelte im Vorbeigehen eine Anzahl blühender Kräuter, unter denen ich den Natternkopf (Echium plantagineum), den Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis), den Lavendel (Lavandula multifida), den Asphodil (Asphodelus fistulosus), den kretischen Hornklee (Lotus creticus), den Zweizahn (Bidens pilosa), die Acker-Ringelblume (Calendula arvensis) und das pappelblätterige Kreuzkraut (Senecio populifolius) erwähne.

Nach dreistündiger Wanderung erreichten wir den Fuß der Felswand, die das hier kesselartig erweiterte Tal abschließt, und kamen an der Hacienda de Honduras vorüber, einem ziemlich großen Gehöft mit Palmen, Granaten-, Orangen- und Pfirsichbäumen. Ob der mächtige Drachenbaum, den Bolle hier sah, noch vorhanden ist, kann ich nicht sagen, da ich damals von seiner Existenz noch nichts wußte und nicht darauf achtete. Auf den Feldern bemerkten wir zahlreiche Klatschrosen. Das Tal gabelte sich hier; links stieg der Barranco de la Laja in der Richtung des Roque de Agando aufwärts, rechts führte der Barranco del Agua zur Cumbre del Carbonero empor. Wir folgten dem Barranco del Agua und passierten eine mit Lorbeer, Baumheide und Ñame dicht bewachsene Schlucht, die rechts von einer steilen, stark zerhöhlten Felswand überragt wurde. In dieser Meereshöhe, die etwa 700 m betrug, änderte sich der Charakter

der Vegetation. Die Palmen und Wolfsmilchsträucher, die uns bisher begleitet hatten, verschwanden und wurden allmählich durch Lorbeerbäume und Baumheide ersetzt. Was von der Ferne als kahle Felswand erschien, zeigte sich in der Nähe mit Heidebüschen, zahllosen Hauslaubrosetten von Riesengröße, mächtigen Agavensträuchern und kleinen blühenden Kräutern überzogen. Der Felsenpfad wurde immer reicher an Pflanzen; Flechten, Moose und Farne bedeckten den Boden, und von den Felsen träufelte das Wasser herab.

Gegen halb ein Uhr kamen wir auf der etwa 900 m hohen Cumbre del Carbonero an und rasteten auf dem Köhlerpaß. Der Pfad ist hier durch einen kleinen Hügel geteilt, auf dem sich ein Holzkreuz erhebt. Wenn man von der Höhe des Passes, der einen ganz scharfen Grat überschreitet, nach der anderen Seite hinübersieht, überschaut man plötzlich ein wogendes, grünes Waldmeer. Wir hatten jene Wälder erreicht, von denen ich so oft geträumt, nachdem ich Bolles Schilderungen gelesen. Die Aussicht von der Cumbre war unvergleichlich großartig. Nach rückwärts sahen wir in den wilden Barranco de la Villa, wo tief unten der glitzernde Bach sich hinschlängelte und ganz im Hintergrund die weißen Häuser San Sebastians am Meeresstrande sichtbar waren. Nach vorwärts schauten wir in das Tal von Hermigua mit seinen in langer Linie sich hinziehenden Häusern, und auf die Meeresbucht am Ausgang des Tales.

Wir stiegen nun nach Hermigua hinab und wanderten etwa eine halbe Stunde lang in dem feuchtkühlen Wald, der aus den typischen Charakterbäumen der kanarischen Montanregion zusammengesetzt war: dem Loro (Laurus canariensis), dem Barbusano (Apollonias canariensis), dem Til (Oreodaphne foetens), dem Viñatico (Persea indica), dem Kirschlorbeer (Myrica faya), der kanarischen Stechpalme (Ilex canariensis) und der Baumheide (Erica arborea). Mit Ausnahme des zuletzt genannten Baumes, der Nadeln trägt, haben alle diese Holzgewächse sehr ähnliches Laub, nämlich ovale, ganzrandige, satt- und immergrüne, spiegelglänzende und fiedernervige Blätter, eine Eigentümlichkeit, deren Ursache bis jetzt nicht erkannt ist, die aber nicht vereinzelt dasteht, indem die Gehölzformationen des gemäßigten Australien und des südwestlichen Kaplandes die gleiche Erscheinung aufweisen. Die vier Lauraceen der Kanaren, der Loro, Barbusano

Til und Viñatico, sind den mediterranen ähnlich, doch zeichnen sie sich durch bedeutendere Größe und größeres, mehr glattes und glänzendes Laub aus. Namentlich erreichen die Blätter des Viñatico außerordentliche Dimensionen. Die Blattformen erinnern mehr an die des subtropischen Regenwaldes als an die des mediterranen, und ähnliche Waldphysiognomien finden sich jetzt in Japan, Südchile, der Kapkolonie, Neuseeland und im Hochgebirge der Tropen. Am Ende der Tertiärzeit war dieser Wald in Europa weit verbreitet, und von dort aus hat nach Schimper, dem ich hier folge, die Besiedelung der Kanaren mit Waldbäumen stattgefunden. Doch konnten nicht alle Arten des tertiären europäischen Waldes nach den Kanaren gelangen, sondern nur diejenigen, deren Samen die Fähigkeit zur Verbreitung hatten. Der tertiäre europäische Wald war daher mannigfaltiger als der kanarische, in welchem Wallnußbäume, Platanen, Ahorne, Hülsenfrüchte und Eichen fehlen. Von den kanarischen Waldbäumen war der Loro bereits in den miocänen Wäldern bei Lyon sehr häufig, während der mediterrane Lorbeer (Laurus nobilis) damals noch fehlte und erst im Pliocän und Quartär auftrat. Auch der Barbusano, der Til und die kanarische Stechpalme stammen aus dem europäischen tertiären Wald und haben sich seit der Pliocänzeit fast unverändert auf den Kanaren erhalten, während sie in der großen Revolution des Festlandes zugrunde gingen. Dagegen hat der Viñatico, die schönste Lorbeerart der Kanaren, ihre nächsten Verwandten jetzt im tropischen Amerika und ist auch von dort nach den Inseln gelangt. Die Verbreitung der Samen dieser Bäume erfolgte nach Schimper durch Vögel des pliocänen Waldes, die sich von den saftigen Beeren ernährten, deren Samen an ihrem Gefieder hängen blieben. Der kanarische Lorbeerwald beherbergt jetzt zwei endemische Tauben (Columba laurivora und Columba bollei), und deren Vorfahren vermittelten daher wahrscheinlich den Transport. Ganz vereinzelt werden auch Vögel der Antillen durch Stürme nach den kanarischen Inseln verschlagen worden sein und so einige Bestandteile des Waldes, wie den Til, geliefert haben. Während und nach der Eiszeit hörte die Besiedelung der Inseln von Europa her infolge der Klimaänderung auf, und nur einzelne Nachzügler, wie die Baumheide, deren kleine Samen durch Wind oder an Vögeln hängend verbreitet wurden, folgten noch. Der

kanarische Lorbeerwald behielt unverändert seinen tertiären Charakter bei, da die von den Zugvögeln mitgebrachten Samen in dem Wald, der einer längst erloschenen klimatischen Periode angehört, später keine geeignete Stätte mehr fanden.

Die Stämme der Waldbäume auf der Cumbre del Carbonero waren dicht mit der Lungenflechte (Lobaria pulmonaria var. papillaris) und dem Neckerschen Moos (Neckera intermedia) überzogen, das gleich der Bartflechte (Usnea plicata) in langen Strähnen herabhing. Auf dem Boden wucherten üppig die Becherflechte (Cladonia pyxidata), die Rentierflechte (Cladonia rangiformis), die Hundsflechte (Peltigera canina), riesenhafte Hauslaubrosetten, zierliche Selaginellen (Selaginella denticulata) und das mächtige Farnkraut Aspidium canariense, das nur auf den Kanaren und Kapverden vorkommt, dort alle Laubwaldungen anfüllt und vom Volke im Gegensatz zu dem Adlerfarn, dem Farnweibchen, für ein Farnmännchen gehalten wird.

Auch dem kleinen Getier des Waldes schenkte ich einige Aufmerksamkeit, konnte aber bei der karg bemessenen Zeit nur wenig sammeln. Auf der Oberseite der Blätter des Barbusano bemerkte ich vielfach blasenförmige Auftreibungen oder Erineumbildungen, die von einer Gallmilbe (Eriophyes spec.) herrührten. Im Moos fand ich junge Larven der Schabe Aphlebia bivittata und unter Steinen die peregrinen Regenwürmer Helodrilus eiseni und H. chloroticus, den Tausendfuß Glomeris gomerana, eine neue Spezies, die Graf Attems zu Ehren Gomeras benannt hat, die auch in Europa häufigen Spinnen Zilla litterata und Clubiona decora, sowie die neue Spinnenspezies Micaria gomerae und zwei Exemplare der Nacktschnecke Amalia gagates.

Wir stiegen an der linken Seite einer dicht bewachsenen Schlucht aus dem Walde abwärts; tief unten rauschte ein Bach. Diesen überschritten wir unterhalb eines schönen, schmalen Falles, in dessen Umgebung die Vegetation eine wahrhaft tropische Üppigkeit aufwies. Die grotesk gestalteten Lorbeerbäume, die an den Felswänden wuchsen, waren von den breiten Blättern der Schmeerwurz (Tamus edulis) in einen grünen Mantel eingehüllt, Brombeersträucher mit mächtigen Stacheln bildeten ein undurchdringliches Dickicht, und die hohen Wedel der Farnkräuter, die mächtigen pfeilförmigen Blätter der Ñames und die riesigen Sempervivumrosetten kontrastierten mit den zierlichen hellgrünen

Selaginellen, die den Felsen überwucherten. Von Farnen bemerkte ich das reizende Frauenhaar (Adiantum capillus veneris) mit seinen keilförmigen, vorn handförmig eingeschnittenen Fiederchen, die schmalfiederigen, oberseits glänzend schwarzgrünen, unterseits weißlichen Wedel des Strichfarns (Asplenium adiantum nigrum var. acutum) und die einfachen, ganzrandigen bis fünfspaltigen Wedel des Milzfarns (Asplenium hemionitis). Die Varietät acutum von Asplenium adiantum nigrum ist sehr häufig auf den Kanaren und zeigt innerhalb des Archipels keine Übergänge zur Grundform, weshalb sie lange für eine besondere Art gehalten wurde, bis an einem von Ehrenberg in einem Brunnen zu Arissa in Syrien gesammelten Stocke Wedel des echten acutum zugleich mit Wedeln von unzweifelhaftem Adiantum nigrum var. argutum auf einem und demselben Rhizom gesehen wurden. Asplenium hemionitis gehört nach Bolle zu jenen aristokratischen Pfanzen, die niemand leicht übersieht, und scheint den Naturforschern von jeher ein besonderes Interesse eingeflößt zu haben. Er kommt nur in der Region der Lorbeerforsten gesellig vor und scheut das Licht, weshalb der Wald sein Lieblingsrevier bildet. Größe und Form seiner Wedel sind ungemein veränderlich. Das Laub kann ganz, drei- oder fünfspaltig sein und ist dies mitunter alles zugleich auf einer Staude. Nur der Endzipfel ist konstant spitz, die Figur der seitlichen dagegen wandelbar.

Als wir weiter abwärts stiegen, sahen wir am Bachufer einige Kopfweiden. Der Weg führte sodann hoch über dem Bach an einer nackten, von Wasserfäden überrieselten Felswand hin, die von einem breiten, teilweise als Mauer herausgewachsenen Gang durchsetzt war. Weiterhin kamen wir an einer elenden Felsenwohnung vorüber und überschritten den Bach unterhalb einer Stelle, wo er in vier kurzen Fällen über mächtige Felsblöcke tost. Hier war die untere Grenze der Lorbeeren, Farne und Hauslaubsträucher.

Das Tal machte eine Biegung und erweiterte sich, so daß die am Berghang terrassenartig liegenden Häuser des oberen Teiles von Hermigua sichtbar wurden. Bald hatten wir die ersten Bananenfelder des Ortes erreicht. Der Weg ging hoch über dem Bach an einer Reihe von Silberpappeln vorbei, wegen deren einer der vier Weiler Hermiguas los Alamos heißt. Dann

betraten wir eine sehr steil abwärts führende, gepflasterte Straße, wo ein kleiner Junge bei unserem Anblick ganz aufgeregt in ein Haus lief und rief: »Mama, Mama! Ingles! Ingles!« Bananen- und Tomatenfelder, Pfeilrohr und Ñames wurden nun immer reichlicher. Auch kamen wir an einer Reihe von sechs Königspalmen (Oreodoxa regia) vorbei, den einzigen Exemplaren dieses schönen Baumes, die ich auf Gomera sah. Rückwärts schauend überblickten wir den oberen Teil des Dorfes: die Häuser stiegen malerisch am Hang des Berges empor und hatten den mächtigen Bergkoloß Sobre el Chorro zum Hintergrund. Vor diesem erhoben sich zwei isolierte, durch einen schmalen Riß getrennte Felszinken, und rechts im Hintergrund wurde der Blick durch eine steile Felswand begrenzt, von der das Silberband eines Wasserfalles sich abhob. Weiter abwärts wandernd sahen wir das Meer und die Spitze von Teneriffa auftauchen. Wir überschritten den mit schönen Eukalyptusbäumen (Eucalyptus globulus) bepflanzten Kirchplatz, wo das Haus des Bürgermeisters und das neue Pfarrhaus die Kirche umgeben, und stiegen dann längs der Bananenfelder abwärts bis zur Casa des Don Fernando. Hier fanden wir wieder freundliche Aufnahme, und ich wohnte mit meiner Schwester in demselben Zimmer, in welchem ich früher mit den beiden Kaufleuten gewohnt hatte.

Ich benutzte unseren zweitägigen Aufenthalt in Hermigua zu einer Exkursion in den Wald oberhalb des Ortes, wo ich am Bache unter Steinen sammelte. Meine Ausbeute bestand aus den Regenwürmern Helodrilus caliginosus forma trapezoides, H. chloroticus, Eiseniella tetraedra, Eisenia rosea und Octolasium lacteum, einem Flohkrebs, der Assel Metoponorthus sexfasciatus, den Tausendfüßern Geophilus carpophagus und Brachydesmus proximus, den Spinnen Teutana grossa, Misumena spinifera und Pisaura rufofasciata, einer Larve von Gryllus bimaculatus, einer Phryganidenlarve, deren Gehäuse aus kleinen Steinchen bestand, der Wanze Verlusia sulcicornis, einem Laufkäfer der Gattung Zabrus, ziemlich vielen Exemplaren der Nacktschnecke Amalia gagates, sowie einigen Exemplaren von Vitrina lamarcki und Buliminus consecoanus.

Am Sonnabend, den 15. Februar, gingen wir weiter nach Agulo. Der Weg führte zwischen Tamariskenhecken abwärts zum Strande, dann dicht an diesem entlang und weiterhin in ge-

ringer Höhe über dem Meere. Die Abhänge waren mit kriechenden Tabaybasträuchern, Berode- und Balobäumchen, Agaven, Opuntien und teilweise auch mit Palmen bewachsen. Wir überschritten einen Bach und sahen hoch oben den Wasserfall von Agulo. Dann folgten Ñamesfelder, und in der Nähe einer Fischzuchtanstalt fing der Weg an in Windungen steil zum Dorfe Agulo emporzusteigen, das wir nach nur einstündiger Wanderung erreichten. Es liegt malerisch wie ein Tiroler Dorf dicht am Fuß einer steilen, etwa 300 m hohen Felswand in 250 m Meereshöhe und besteht aus drei Häusergruppen, die durch Bananenfelder von einander getrennt sind. Im Gegensatz zu Hermigua besitzt es eine Fonda, die sogar in dem Rufe steht, besser zu sein als die in San Sebastian und auf die die Bewohner Agulos sehr stolz sind. Man kann den Leuten keinen größeren Gefallen tun als ihre Fonda zu loben und auf die von San Sebastian zu schimpfen. Wir fanden freilich nicht, daß das Wirtshaus Agulos irgend etwas vor dem der Hauptstadt voraus hatte. Der Eingang sah aus als führe er in einen Stall oder eine Scheune, die Fenster hatten teilweise keine Scheiben, die Stühle zeigten große Löcher im Strohgeflecht, auf den Tischen standen alle möglichen verstaubten Dinge, Glaszeug, verblaßte Photographien und Puppen umher, und an den Wänden hingen halbnackte spanische Dämchen. Das Dach des Hauses sah von innen eigentümlich aus, weil es nicht mit Ziegeln, sondern mit Rohr gedeckt war. Der Wind pfiff durch alle Luken, und ich verhing nachts das Fenster meines Zimmers mit einer Bettdecke, um einigermaßen vor der kalten Zugluft geschützt zu sein. Das Essen war so schlecht, daß ich fast nichts davon genießen konnte.

Nach unserer Ankunft durchwanderten wir das Dorf, besuchten den Bürgermeister und machten einen Spaziergang an den Fuß des großartigen Wasserfalles, der südlich vom Dorf in zwei Absätzen von der hohen Felswand herabstürzt. Auf allen diesen Gängen waren wir auf Schritt und Tritt von Kinderscharen umlagert, an ganzen Menschenmauern mußten wir vorbeipassieren, und keinen Schritt konnten wir tun, ohne bis ins kleinste beobachtet zu werden. Als wir einen Bergpfad hinaufstiegen, sahen uns die Leute vom Ende des Dorfes aus eine halbe Stunde lang nach, und infolge der Steilheit der Berge kamen wir überhaupt nicht aus ihrem Gesichtskreis hinaus.

Ich sammelte während unseres dreitägigen Aufenthalts in Agulo auf den umliegenden Bergen. Die Feigenbäume, Kastanien, Opuntien und Bananen, die in der nächsten Umgebung des Dorfes an den Abhängen wachsen, werden in größerer Höhe von Ñamespflanzungen abgelöst, die auf dem sumpfigen, von zahlreichen Rinnsalen durchflossenem Boden sehr gut gedeihen. Der Rand der Wasserläufe ist von Lebermoosen und dem üppig wuchernden zerbrechlichen Blasenfarn (Cystopteris fragilis) eingefaßt, der auf den Kanaren von 500 m aufwärts an die Stelle des Frauenhaars (Adiantum capillus veneris) tritt, mit dem er nahe der unteren Grenze seiner vertikalen Verbreitung öfters vermischt wächst. Er bewohnt die ganze nördlich gemäßigte Zone, die kalten Regionen bis Island, Grönland und den amerikanischen Küsten des Polarmeeres, auf der südlichen Halbkugel das Kap- und Kaffernland. Im tropischen Amerika und in Italien kommt er nur im Hochgebirge vor, eine Tatsache, die das verhältnismäßig tiefe Herabsteigen auf den Kanaren und seine dortige Häufigkeit besonders bemerkenswert macht. Außer diesem Farn wachsen an der feuchten Bergwand hinter Agulo besonders häufig die Simse Juncus acutus, die Brunnenkresse (Nasturtium officinale), der dreiblätterige Lauch (Allium trifoliatum), der Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis), der Ruprecht-Storchschnabel (Geranium robertianum) und das kleinblütige Weidenröschen (Epilobium parviflorum).

Unter den Steinen des sumpfigen Bodens der Ñamesfelder sammelte ich am Rande eines Rinnsales in ca. 400 m Höhe die peregrinen Regenwürmer Helodrilus chloroticus, H. caliginosus, Eisenia rosea und Eiseniella tetraedra, die Assel Metoponorthus pruinosus, zahlreiche weiße, schwarzäugige Flohkrebse einer fraglichen Spezies, die wegen ihrer mächtigen Sprünge schwer zu fangen waren, den Tausendfuß Geophilus carpophagus, die Spinnen Zoropsis rufipes und Teutana grossa, den Ohrwurm Anisolabis annulipes, den Laufkäfer Anchomenus nichollsii, den Schwimmkäfer Cyclonotum hispanicum, 99 Exemplare der Nacktschnecke Agriolimax laevis, 5 Exemplare der Nacktschnecke Amalia gagates, 8 Exemplare der Glasschnecke Vitrina lamarcki und einen Laubfrosch (Hyla arborea var. meridionalis).

Über die Glasschnecke schreibt mir Herr Professor Simroth, dem ich drei Exemplare meiner Sammlung gesandt hatte, folgendes:

»Die Vitrina ist besonders merkwürdig. Sie haben 3 Stücke erbeutet, die wenig länger sind als 1 cm. Sie sind gleichmäßig gefärbt und erwachsen, geschlechtsreif. Zufällig habe ich von anderer Seite eine Serie derselben Art, ebenfalls von den Kanaren, vor mir, die mehr als dreimal so lang, also etwa dreißigmal so schwer sind. Sie stimmen in der Anatomie genau mit der kleinen Form überein. In der Schale findet sich ein Unterschied, denn der Mundsaum hat links bei der großen einen relativ viel breiteren häutigen, kalkfreien Saum als bei der kleinen. Zu einem ähnlichen Resultat bin ich schon früher gekommen bei Beurteilung des Azorenmaterials. Von dort hatte Morelet eine ganze Reihe kleiner Arten unterschieden, die ich auf Grund der Anatomie mit der großen Vitrina lamarcki vereinigte. Somit haben wir auf den atlantischen Inseln eine Gruppe von Formen, die sich nur durch die Schale unterscheiden. Das ist um so auffallender, als bei uns eine Reihe kleiner Vitrinen lebt, deren Anatomie solche Differenzen zeigt, daß man für jede Art beinahe eine neue Gattung aufstellen könnte. Will man die atlantisch-makaronesischen Formen in Arten zerlegen, dann muß man betonen, daß innerhalb der Gattung verschiedene Einteilungsgründe angenommen werden müssen.«

Mein Versuch, die ganze Höhe der Felswand hinter Agulo zu ersteigen, gelang nicht; in einiger Entfernung von dem Gipfel wurde sie so steil, daß ich ohne fremde Hilfe und Anseilung fürchten mußte, abzustürzen. Aber die erreichte Höhe bot bereits eine prachtvolle Aussicht, besonders in der Richtung nach Hermigua. Die Verbindung zwischen diesem Orte und Agulo wird außer durch den bereits erwähnten Strandweg noch durch einen höher am Berghang entlang führenden Pfad vermittelt. Bei unseren Spaziergängen auf diesem Wege pflückte ich am Berghang das Feldlöwenmaul (Antirrhinum orontium), den Berg-Erdrauch (Fumaria montana), die Ackerringelblume (Calendula arvensis), das judäische Treufkraut (Parietaria judaica) und ein schönes Schwertliliengewächs der Gattung Romulea. Unter den Steinen oberhalb des Weges erbeutete ich außer den bereits genannten Regenwürmern, Flohkrebsen, Asseln, Spinnen, Insekten und Schnecken, die ich auf dem sumpfigen Boden der Ñamesfelder oberhalb Agulo gesammelt hatte, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae, Cryptops trisulcatus und Brachydesmus proximus, die

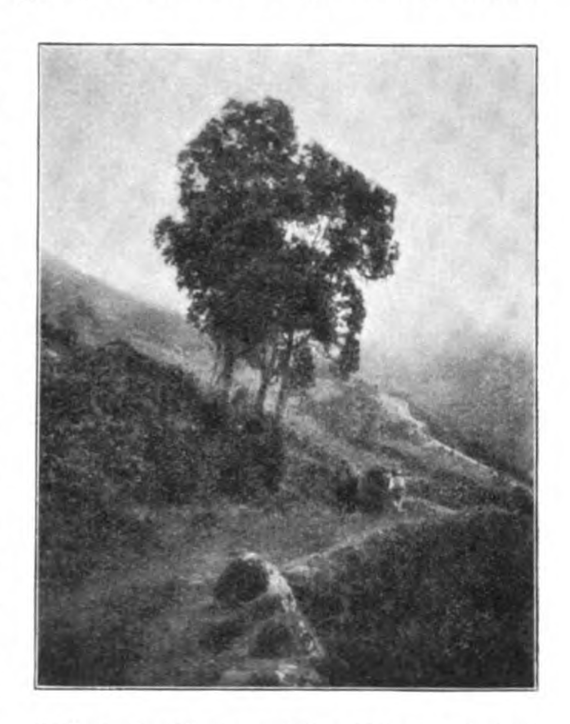
Spinnen Segestria florentina, eine in der Mittelmeerregion sowie auf St. Helena verbreitete Art, und Tarentula gracilis, die Wanzen Sciocoris spec. und Scantius aegyptius, einen Kurzflügler (Staphylinus spec.), zahlreiche Exemplare des Schwarzkäfers Hegeter tristis, ein Nest der Ameise Camponotus maculatus subsp. hesperinus, 6 lebende Exemplare und zahlreiche weißgebleichte Gehäuse der Schnecke Caracollina discobolus, ein lebendes Exemplar und zwei leere Gehäuse der Schnecke Ericia laevigata und einen Gecko (Tarentola delalandei). Ferner untersuchte ich auf diesem Wege einen großen Tümpel, der am Fuß einer feuchten Basaltfelswand zwischen großen Steinblöcken eingeschlossen war. Tierisches Leben fand ich nicht darin, aber eine Schlammbank mit kleinen Säulchen, von denen jedes auf der Spitze ein Basaltstückchen trug: Bozensche Erdpfeiler im kleinen. Am Rande des Weges waren mehrere Grenzsteine errichtet, die aus einer sehr feldspatreichen, gelbgrünen Lava mit braunen Mangandendriten bestanden.



Unser Führer von Agulo nach Valle Hermoso

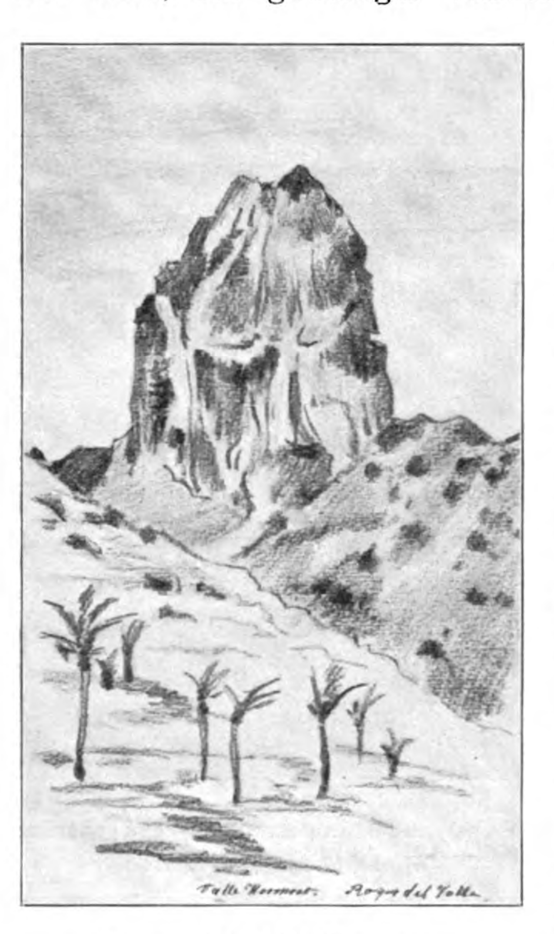
Am Dienstag, den 18. Februar, einem sehr schwülen Tage, setzten wir unsere Wanderung bis nach Valle Hermoso fort. Ein alter Mann mit charakteristischem bärtigem Kopf und einer Hose, die nur aus Flicken bestand, führte uns. Wir gingen abwärts durch den unteren, sehr ärmlich aussehenden Teil Agulos und dann steil aufwärts an dem außerhalb des Dorfes gelegenen Kirchhof vorbei, der von einer weißen Mauer umgeben und nur mit wenigen Holzkreuzen geschmückt war, die sich trostlos aus dem kahlen Boden erhoben. »Hier sterben nur wenig Menschen«,

sagten uns die Leute. Links vom Wege ragten hohe Basaltfelsen mit Steinbrüchen empor. Nachdem wir den engen Roquillopaß überschritten hatten, blickten wir in den großartigen Barranco de Tagora hinab, auf dessen rechtem Hang der Weg steil aufwärts führte. Die Vegetation bestand hauptsächlich aus Baumheide und Hauslaubrosetten. Nach einer Stunde passierten wir ein einsam gelegenes Haus und mehrere Schuppen und stiegen dann bei dem Orte Tagora in die Tiefe des Tales hinab. Weithin erblickten wir Abhänge aus kaolinisiertem, gelben Tuff, der von zahlreichen Regenrillen durchfurcht war. Bei Sobre Agulo, wo wir den Bach überschritten, begegneten uns mehrere Ochsenschlitten, die sich schon von weitem durch ihr Geläute ankündigten. Es waren roh zusammengefügte Baumstämme, die auf dem nackten Boden von Ochsen geschleift wurden und Holz in das Tal beförderten. Die Heidebäume wurden jetzt zahlreicher und höher, Lorbeerbäume und Stechpalmen gesellten sich hinzu, darunter hohe, schöne Formen. Auch kamen wir an einer Gruppe australischer Eukalyptusbäume vorüber, die hier zwar nicht die gewaltige Höhe wie in ihrem Heimatland erreichen, aber doch durch ihren edeln Wuchs und die Durchsichtigkeit ihres Laubwerks das Auge fesseln. Der Weg durch den Wald war bequem im Verhältnis zu den steinigen Pfaden, die wir in den Barrancos passiert hatten, und bot nach rechts einen Blick in den unteren, engen Teil des Valle Hermoso, nach links eine prachtvolle Aussicht auf die Gebirgslandschaft oberhalb dieses schönen Tales. Um zwölf Uhr hatten wir den Punkt Buenavista erreicht, der seinen Namen in außergewöhnlichem Maße verdient. Er gewährt einen vollen Überblick über den grandiosen Kessel, zu dem sich



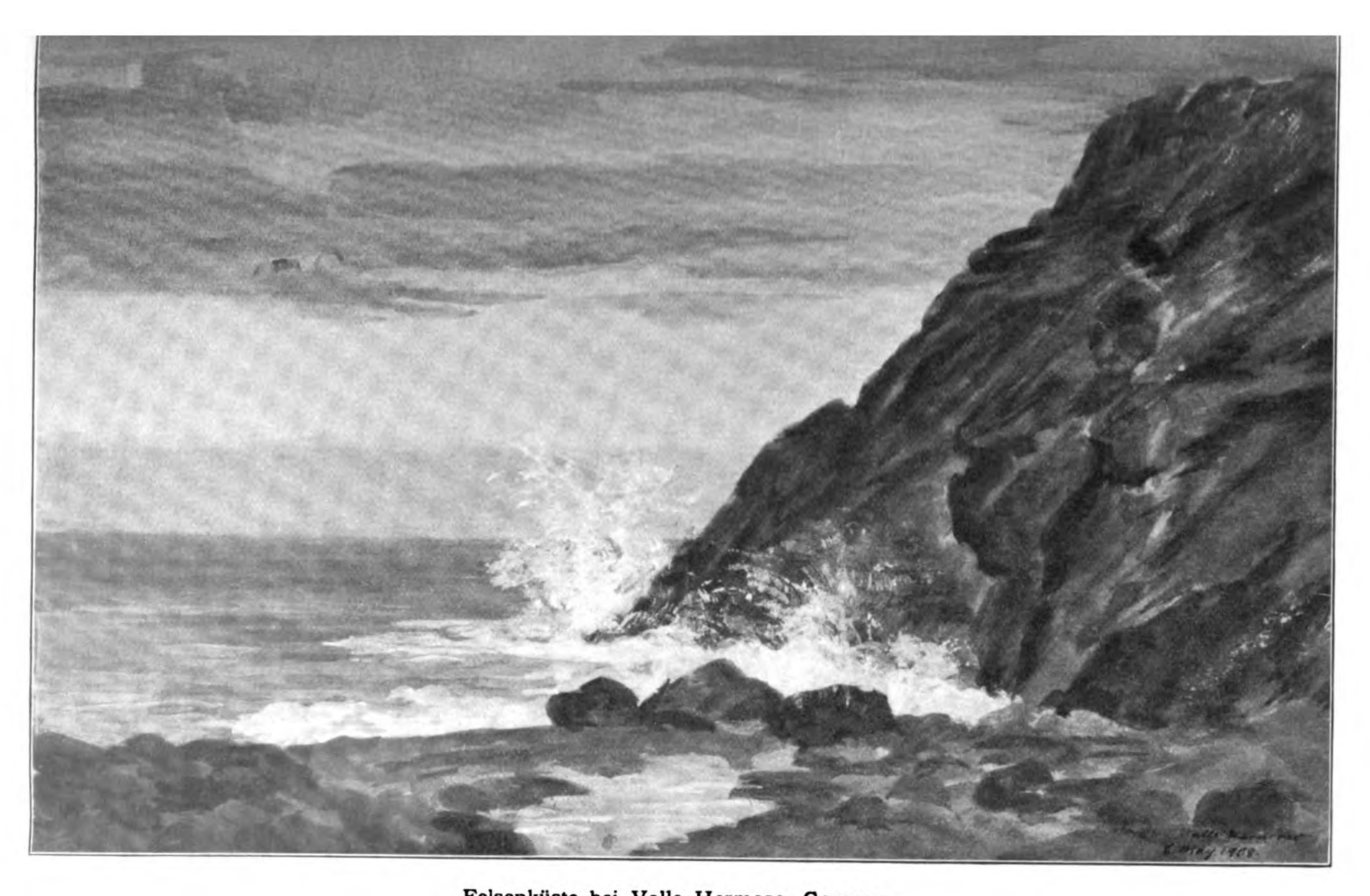
Eukalyptusbäume auf dem Wege zwischen Agulo und Valle Hermoso

das Tal von Hermoso an seinem oberen Ende erweitert. Zahllose Bergzüge liegen hier hinter- und übereinander, Barrancos steigen von allen Seiten herab und vereinigen sich alle im Valle Hermoso, dessen weiße Häuser man tief unten erblickt. Als wir weiter abwärts kamen, stieg plötzlich der spitze Kegel des Roque del Valle, ein gewaltiger Felskoloß, vor uns auf, an dessen schroffen Wänden der Weg hinab in das Tal führte.



Roque del Valle Hermoso

Gegen halb zwei Uhr kamen wir in der kleinen Fonda von Valle Hermoso an. Ein altes Mütterchen mit verhülltem Kopf und entzündeten Augen empfing uns und führte uns in ein winziges Zimmer mit zwei Betten, das abgesehen von den Fettflecken auf dem Fußboden recht sauber war. An den Wänden hingen zwei altertümliche farbige Schiffsbilder, die spanischen Schiffe »Villa de Madrid« und »Almanza« darstellend, umgeben von Wappen und symbolischen Figuren, sowie vier Kupfer mit Szenen aus dem Leben Jesu: die Anbetung der Hirten, der Auszug aus Egypten, Jesus im Tempel und die Kreuztragung. Einen weiteren Wandschmuck bildete ein Farbendruckporträt des deutschen Kaisers in der Uniform der Gardehusaren, das irgend ein patriotischer deutscher Gast hier zurückgelassen hatte. Von den Fenstern genossen wir eine sehr schöne Aussicht auf das Tal mit seinen Bananenfeldern und zahllosen hohen Palmen, die Berghänge mit den terrassenartig gelegenen Häusern, den Roque del Valle und den Barranco de las Rosas. Dicht neben dem Zimmer lag die Küche, ein schwarzes Loch, in welchem auf offenem Holzkohlenfeuer gekocht wurde. Aus den unteren Räumen ertönte das Grunzen der Schweine.



Felsenküste bei Valle Hermoso, Gomera

Wir stärkten uns an einem vorzüglichen Essen, wie wir es seit vielen Wochen nicht genossen hatten und machten dann einen Spaziergang nach dem Strande, der etwa eine halbe Stunde von der Fonda entfernt ist. Am linken Talhang führt ein guter und nur stellenweise von herabgefallenen Felstrümmern verschütteter Weg abwärts, bald hoch über dem Bach, bald dicht an seinem Ufer entlang. Mehrere kleine, enge Barrancos münden seitlich in das Tal, auf dessen Boden Bananen, Tomaten, Feigenbäume, Agaven, Opuntien, Berode, Tabayba und Balo die vorherrschende Vegetation bilden. Weiter oben sind die Hänge mit Sabinabäumchen bewachsen, die sich als dunkelgrüne Flecken von der braunen Talwand abheben. Die Sabina (Juniperus phoenicea) ist außer der Kiefer die einzige Konifere der basalen Region auf den Kanaren und war früher viel weiter verbreitet als jetzt, wo sie sich auf Gomera nur bei Valle Hermoso findet. Ihr wertvolles Holz hat sie dem Untergang geweiht. Juniperusarten aus der Sabinagruppe waren bereits im Eocän Südfrankreichs vorhanden, und wahrscheinlich ist der Baum zur Tertiärzeit nach den Inseln gelangt. Im unteren Teil des Tales von Hermoso fielen die Brombeersträucher am Wegrande durch ihre lang herabhängenden, bestachelten Zweige auf. Von blühenden Kräutern pflückte ich den kretischen Hornklee (Lotus creticus), den Asphaltklee (Psoralea bituminosa), die Gänsedistel (Sonchus jacquini), den Lavendel (Lavandula multifida) und den Tabak (Nicotiana tabacum). An der Bachmündung wuchs das Pfeilrohr (Arundo donax), und am Strande standen Tamarisken und zahlreiche blühende Magarzen (Chrysanthemum frutescens).

Die Brandung ist bei Valle Hermoso unvergleichlich schön und übertrifft noch die berühmte von Orotava auf Teneriffa. Hinter dem Landungssteg, der in der westlichen Ecke der Bucht errichtet ist, spritzt der Gischt häuserhoch an den Felsen in die Höhe. Von hier aus führt ein Pfad in einer engen Schlucht aufwärts, teilweise auf Treppen, die mit schwarzem Grus bedeckt sind. Tief unten umtost die Brandung zwei isolierte Felszacken. Nach Passierung der Schlucht geht der Pfad hoch über dem Meere längs der steilen Felswand hin, biegt an der höchsten Stelle um eine Felsenkante und führt dann abwärts in eine zweite Schlucht, die noch schauerlich-erhabener ist als die erste. Nackte, schwarzgrüne, aus dichter, spezifisch außerordentlich schwerer Lava

bestehende Felsen stürzen hier in wilder Schroffheit zum Meere ab, nach allen Richtungen von graugrünen, olivinreichen Gängen durchschnitten und von Spalten durchfurcht. Es ist das uralte Grundgebirge der Kanaren, die sogenannte Diabasformation, die hier zutage tritt. Am Rande des Pfades, der, vielfach durch Geröll und Grus verschüttet, längs der Felswand in die Tiefe führt, um schließlich blind zu endigen, wachsen alte, vielfach verästelte Tabaybabäumchen, Cardonsträucher, Balobäumchen und ein paar wetterzerzauste Sabinabäume.



Alter Tabaybabaum bei Valle Hermoso

Ich schlug einen alten Tabaybabaum mit der Axt auseinander und holte mehrere kleine Rüsselkäfer, einige Käferlarven, einen Tausendfuß und einen Borstenschwanz (Ctenolepisma lineata var. eatonii) daraus hervor. Auch sammelte ich einiges Getier unter den Steinen an der Mündung des Tales. Die Asseln Armadillidium vulgare, Metoponorthus pruinosus und Gymnoderma laevis, die Tausendfüßer Scolopendra valida und Strongylosoma guerinii, die Spinne Enoplognatha mandibularis, die Schabe Leucophaea surinamensis, der Schwarzkäfer Hegeter tristis, die Nacktschnecke Limax arborum, die Schnirkelschnecken Caracollina eutropis, C. lenticula und Hemicycla paivanopsis sowie der Gecko Tarentola delalandei bildeten die Ausbeute.

Die Assel Armadillidium vulgare war bisher nur von Teneriffa bekannt, wo sie von den Eingeborenen als Cocheñita bezeichnet wird. Simony fand sie besonders häufig im August und September auf trockenem, steinigem Terrain in den mit Baumheide- und Adenocarpusbüschen bewachsenen Gebieten des Höhenzuges der Montaña de Pedro Gil und der Außenhänge der Umwallung der Cañadas in Höhen von 900 bis 1500 m, vereinzelt unter

Steinen zwischen Retamabüschen noch bis 2400 m Seehöhe. Auch die Assel Gymnoderma laevis ist für Gomera neu, da sie bisher nur von Teneriffa und La Palma bekannt war.

Über die Nacktschnecke Limax arborum schreibt mir Herr Prof. Simroth: »Der Limax arborum hat die einfache Zeichnung zentraleuropäischer Tiere, nicht die der südeuropäischen Abart, die als Limax valentianus beschrieben ist. Die Verbreitung der Art ist höchst merkwürdig. Island, ganz Europa bis östlich zu den Karpathen. Dazu westlich die Kanaren — die übrigen südatlantischen Inseln fraglich — und endlich der Limax valentianus, den ich neulich (Südpolar-Expedition) von den südamerikanischen Anden beschreiben konnte. Theoretisch ist die Form besonders alt; denn ich habe eben die Hypothese begründet, wonach der Blinddarm den ursprünglichen Enddarm darstellt, wo der After, wie etwa bei Doris, noch am Hinterende lag. Die Beziehungen zur Pendulationstheorie habe ich bereits besprochen.«

Die Schnirkelschnecke Caracollina eutropis ist für Gomera neu, da sie bisher nur von Fuerteventura bekannt war. Das Gehäuse des von mir gesammelten jungen Exemplars ist mit feinen, etwa 0,5 mm langen Haaren an der Peripherie der letzten Windung besetzt, an den oberen Windungen sind sie schon abgefallen. Caracollina lenticula ist eine im ganzen Mittelmeergebiet häufige Küstenform und kommt auf allen Kanaren vor, ohne die geringste Variation zu zeigen. Hemicycla paivanopsis ist bist jetzt nur von Gomera bekannt. Ich erbeutete 4 ausgewachsene und 28 junge Exemplare.

Die drei Tage in Valle Hermoso rechne ich zu den schönsten der ganzen Reise. Die Landschaft vermag den verwöhntesten Ansprüchen zu genügen, und auch über die Bevölkerung hatten wir uns nicht zu beklagen. Wir wurden hier von der Neugier der Leute nicht belästigt und konnten in Ruhe sammeln, zeichnen, malen und photographieren, wenn nur der heftige Regen, der fast jeden Tag mehrere Stunden lang fiel, es gestattete. Rechnet man das ausgezeichnete Essen in der Fonda und die prachtvollen Orangen, die wir massenhaft vertilgten, hinzu, so läßt sich denken, daß wir ungern am Freitag, den 21. Februar, schieden, um unseren Rundgang nach Valle Gran Rey fortzusetzen.

Unser Führer war ein schwarzer, etwas banditenhaft aussehender Mann, der sich aber als sehr zuverlässig erwies. Ein

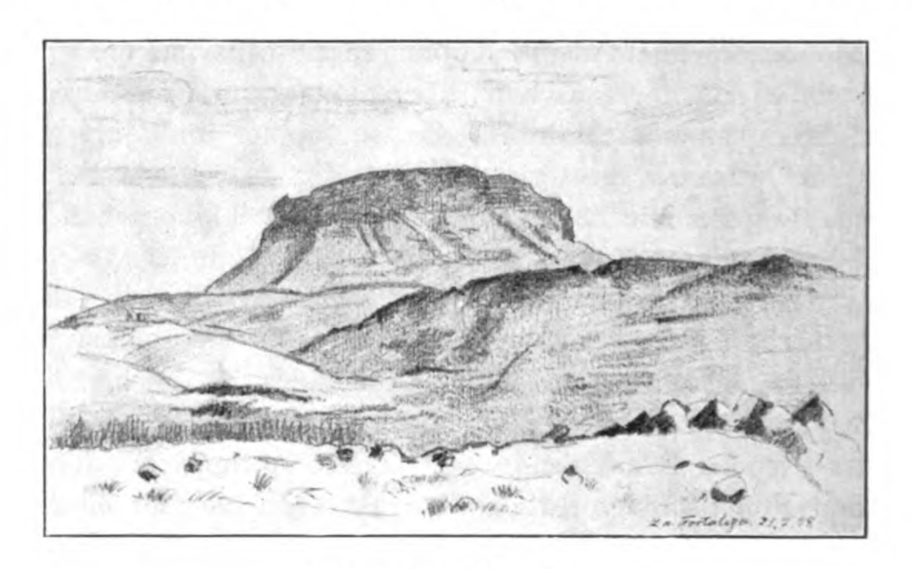
kräftiger männlicher Esel trug unser Gepäck, das durch meine Sammlungen inzwischen an Gewicht bedeutend zugenommen hatte. Wir stiegen gegenüber der Fonda zwischen Agaven und Opuntien das Gebirge hinauf und gelangten weiter oben in die Region der Sabina, die später durch Baumheide ersetzt wurde. Am Wege wuchs zahlreich die gelbblühende, holzige Papilionacee Adenocarpus foliolosus. Es ging fortdauernd steil aufwärts zwischen dem Barranco de Macayo zur Linken und dem Barranco de Clao zur Rechten. Bald sahen wir in den einen, bald in den anderen hinab, bald in beide zugleich. Stellenweise trat ein rosafarbiger, stark gefritteter Tuff zu Tage. Nach einer Stunde wurde der Wald höher und dichter und nahm nach und nach einen urwaldmäßigen Charakter an. Zuerst waren Heide- und Lorbeerbäume gemischt, später aber wanderten wir in fast reinem Lorbeerwald, dessen alte knorrige Bäume mit Moosen und Flechten überwuchert waren. Auf dem Boden und an den Ufern der rauschenden Bäche bildeten Farnkräuter einen Wald im Walde. Ich mußte an Bolles begeisterte Schilderung der Urwälder von Gomera denken und kann mir nicht versagen, hier seine Worte anzuführen, da meine Feder viel zu schwach ist, um den gewaltigen Eindruck, den diese Wälder auf den Reisenden machen, wiederzugeben.

»Alle diese Riesen der Wildnis«, schreibt Bolle von den Waldbäumen Gomeras, »sind mit wenigen Ausnahmen in ebenso schlanken als mächtigen Stämmen aufgeschossen. Erst hoch oben verästeln sie sich und verschmelzen ihre Kronen von lederartigen, glänzenden, nie abfallenden Blättern zu einem hehren Dome, unter welchem beständige tiefe Dämmerung herrscht. Kein Unterholz hemmt den Schritt; wie Säule an Säule gereiht stehen die gewaltigen Stämme da, oft zu drei und mehreren aus einer Wurzel entsprossen, rissig oder glatt, vom hellen Rot- oder Aschgrau bis zum gesättigtsten Schwarzbraun alle Farbennuancen durchlaufend, meist aber von einem Überflusse herabhängender grüner Moose und Flechten dicht und polsterartig überzogen. Auf dieser Decke von Kryptogamen wuchern wieder hauslauchähnliche Succulenten und Farne mit schöngefiederten Wedeln und goldfarbig rauhen, kriechenden Wurzelstöcken. Schlingpflanzen, die zwischen den bescheideneren der Wälder unseres Nordens und den alles überwältigenden der heißen Zone die Mitte halten,

eine holzige, hochkletternde Winde, die herrliche Gibalbera (Ruscus androgynus), die hier zur Liane gewordene Brombeerstaude und einige andere ranken sich hie und da an den Stämmen empor. Unten aber, wo im Herbst von den schönblühenden Waldpflanzen begünstigterer Jahreszeiten kaum eine Spur geblieben, keimt und wuchert eine Welt von Farnen, die in der von immerwährender Feuchtigkeit getränkten Humusdecke des Bodens oder auf niedergestürzten, modernden Baumstämmen wurzelnd, oft so hoch werden, daß sie — ein Wald im Walde — dem Menschen über dem Kopfe zusammenschlagen. Klare, wasserreiche Bäche rauschen über bemooste Felsstücke hin, durch die grünende Wildnis, die so üppig und jungfräulich prangt, als wäre sie gestern erst aus der Hand des Schöpfers hervorgegangen. Nie habe ich den überall willkommenen Waldgeruch mit volleren Zügen eingeatmet. Die Luft ist von ihm so geschwängert, so mit aromatischen Dünsten angefüllt, daß sie etwas wahrhaft Berauschendes hat. Die tiefe und geheimnisvolle Stille dieses wunderbaren Waldes, in dem ich mehrere Tage verlebt habe, nur unterbrochen von dem Murmeln der Quellen, von des Windes Rauschen in den tausendjährigen Wipfeln oder von dem Flügelschlage großer Torcaztauben hat mir einen Eindruck hinterlassen, den ich, und wäre es mir beschieden, noch lange Jahre zu leben, und würde meine Sehnsucht, ihn wiederzusehen, auch nicht erfüllt, doch bis zum letzten Augenblick in voller Frische bewahren werde.«

Soweit Bolle, dessen Schilderungen ich durchlebte, als wir die Waldungen im Nordwesten Gomeras durchquerten. Zuweilen lichteten sich diese, und wir sahen auf beiden Seiten das Meer. Nach dem Austritt aus dem Wald, in welchem allmählich wieder die Baumheide vorherrschend geworden war, öffnete sich der Blick in ein weites, schönes Tal mit sanft gewelltem Boden, der mit Feldern und Gras bedeckt war, auf dem zahlreiche Kühe weideten. Die Abhänge zeigten vielfach einen rötlichen Anflug durch das massenhafte Auftreten des Ampfers Rumex bucephalophorus. Im übrigen war der Juagarzostrauch (Cistus monspeliensis) vorherrschend. Wir gingen am Talhang entlang und sahen unten die Häuser von Arure und eine Mühle bei einem Wasserfall liegen, erkletterten dann zwischen Cistusgesträuch einen steilen Abhang und gelangten auf eine kahle Hochfläche mit Äckern und einigen

Tabaybabäumchen. Nach rechts hatten wir von hier einen freien Blick auf das Meer, und zur Linken lagen auf einer Anhöhe die wenigen Häuser von Chipude, des höchsten Ortes der Insel, am Fuß des eigentümlichen flachen Tafelberges La Fortaleza. Sodann stiegen wir auf äußerst steilem und steinigem Weg in das Tal des großen Königs (Valle Gran Rey) hinab, das von vielfach zerhöhlten Felswänden umschlossen wird. Hier sah ich zum erstenmal eine Tabayba (Euphorbia helioscopia) in Blüte. Mehrere Häuser-

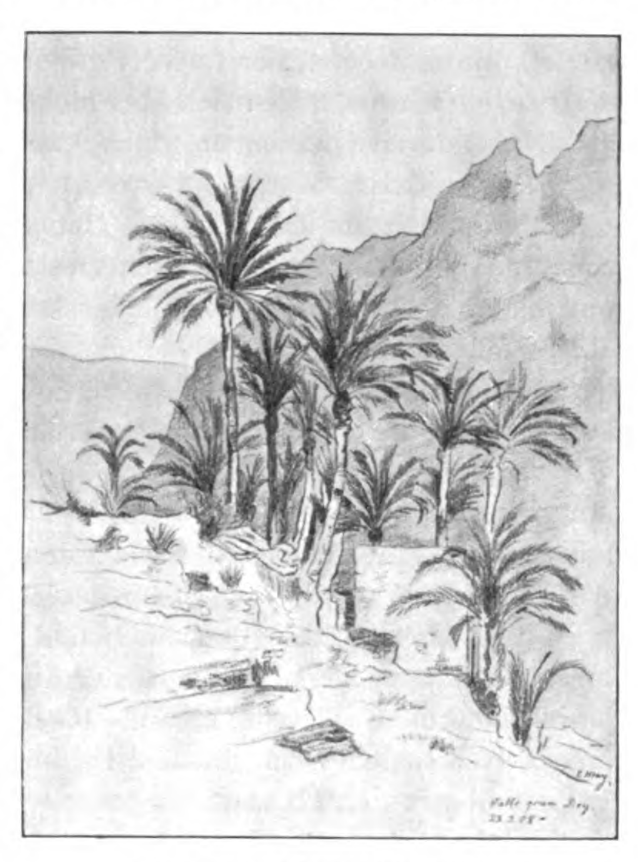


La Fortaleza bei Chipude

gruppen sind über die ganze Länge des Tales zerstreut, die letzte liegt terrassenartig am Abhang der Küste. Viele Palmen und einige Orangenbäume gereichen der Gegend zur Zierde. Bananenfelder fehlen, dagegen werden Tomaten sehr zahlreich angebaut.

Die Fonda liegt in der Nähe der Talmündung und besteht nur aus einem einzigen, riesengroßen, saalartigen Zimmer mit einer Veranda, die von Palmen beschattet wird und den Blick aufs Meer gewährt. An den sonst kahlen Wänden hing ein Bild des Königs von Spanien, auf den Tischen lagen zahlreiche Bücher über Hautkrankheiten umher. Nachdem wir gegessen hatten, besuchten wir den Arzt, an den mir der Bürgermeister in Valle Hermoso eine Empfehlung mitgegeben hatte. Er bewohnte in der Nähe des Strandes ein großes, flachdachiges Haus und empfing uns sehr freundlich, versprach mir auch einen Führer nach Santiago zu verschaffen. In seiner Begleitung gingen wir an

die Küste, wo ein Fruchtdampfer lag, mit dem meine Schwester am nächsten Tage nach San Sebastian zurückfahren wollte, während ich auch den südlichen Teil der Insel noch zu durchwandern gedachte. Es wurden gerade Tomaten in ungeheuren Massen eingepackt, und wir waren bald von einer Schaar junger Arbeiter und Arbeiterinnen umlagert. Ein prachtvoller Sonnenuntergang beschloß den ereignisreichen Tag.



Palmen bei Valle Gran Rey

Am Sonnabend, den 22. Februar, war sehr schönes, heißes Wetter. Ich saß in der Morgenfrühe auf der Veranda unter der Palmenkrone und schrieb mein Tagebuch. Meine Schwester reiste um zehn Uhr mit dem Fruchtdampfer ab. Am Nachmittag wollte sich der Führer nach Santiago, den mir der Arzt zu besorgen versprochen hatte, vorstellen, er kam aber nicht. Ich machte mich daher auf den Weg zum Bürgermeister, der ganz am oberen Ende des Dorfes wohnte, und hoffte durch dessen Vermittelung einen Führer zu erhalten. Unterwegs versprach mir aber ein Mann, den ich nach der Wohnung des Bürgermeisters fragte, seinen Sohn am nächsten Morgen als Führer zu schicken. Ich beruhigte mich dabei und verwendete den übrigen Teil des Nachmittags dazu, auf dem Talboden unter Steinen zu sammeln. Ich erbeutete die Assel Metoponorthus pruinosus, den Skolopender Scolopendra valida, zahlreiche Exemplare des Tausendfußes Strongylosoma guerinii, die neue Tausendfußspezies Pachyjulus senilis, ein Pachyjulus-Nest mit Jungen, eine Spinnenassel (Scutigera coleoprata), die

Spinnen Callilepis moebii und Aranea crucifera, den Borstenschwanz Ctenolepisma lineata, die Grille Gryllus bimaculatus, den Schwarzkäfer Hegeter tristis, den Marienkäfer Coccinella septempunctata, die Wanze Lygaeus militaris, zwei Ameisennester (Messor barbarus subsp. capitatus var. minor und Camponotus rufoglaucus subsp. feae), die Nacktschnecke Agriolimax laevis und den Gecko Tarentola delalandei. Jugendformen von Lacerta galloti huschten wiederholt unter den Steinen hervor, ließen sich aber nicht fangen. Frösche kündigten ihre Nähe durch Quaken an, doch kam mir keiner zu Gesicht.

Am anderen Morgen wartete ich von sieben bis halb neun Uhr vergeblich auf den Führer. Ich ging hinab an den Strand zum Medico, der mir glücklicherweise einen jungen Burschen und einen Esel auftrieb, aber leider konnten wir erst um 10 Uhr abmarschieren, so daß die herrliche Frische, die am Morgen geherrscht hatte, bereits einer Gluthitze gewichen war. Die Schwierigkeit, einen Führer nach Santiago zu erhalten, erklärt sich daraus, daß der Verkehr zwischen den Orten auf der Südseite Gomeras fast nur durch Schiffe vermittelt wird, weil die Wege äußerst mangelhaft und beschwerlich sind. Die Leute konnten nicht begreifen, daß ich den Weg zu Fuß machen wollte.

Wir überschritten den Bach und den Kirchplatz des Ortes und quälten uns dann in tropischer Mittagsglut den steilen Weg längs der linken Talseite hinauf. Rückwärts schauend genoß ich manchen schönen Blick in das Tal mit seinen zahlreichen, von Palmen überragten Häusern. Später wurde die Gegend sehr kahl, und wir wanderten auf steinigem, nur stellenweise mit kurzem Rasen bedeckten Boden. Gegen ein Uhr hatten wir die Höhe erklommen und stiegen in ein Tal mit zahlreichen Kakteen hinab, wo ein paar schwarze Steinhütten standen. An der anderen Seite ging es wieder steil aufwärts über Äcker, die mit Heidebäumen, Tabayba und Juagarzo bewachsen waren. Es folgte dann ein zweites Tal mit zahlreichen Opuntien, dessen Bach wir bei dem kleinen Weiler Tomocoda überschritten. Um halb zwei Uhr erreichten wir Chipude, den ärmsten und höchstgelegenen Ort Gomeras. Hier stärkte ich mich in der Tienda des Don Domingo, dem einzigen Laden des trostlosen Fleckens, an Feigen, Brot und Wasser, während der Führer eine Büchse mit Ölsardinen leerte und Wein dazu trank. Der kleine Laden war mit Sonntagsgästen, unter denen sich auch der Geistliche Chipudes befand, überfüllt.

Nach kurzer Rast zogen wir weiter, überschritten zwei kleine Täler mit kahlen Äckern und Opuntien und kamen dicht an der Fortaleza vorbei. Im ganzen war es eine trostlose Gegend, und dabei herrschte eine furchtbare Schwüle. Um drei Uhr öffnete sich der Blick in den wilden Barranco de Herque, der sich in seinem oberen Teile in viele kleine Barrancos verzweigt, von denen einer nach dem anderen überschritten werden mußte. Wolfsmilch, Heide und besonders Juagarzo bildeten die Vegetation. Auf den Barranco de Herque folgte der Barranco de Chinguay, an dessen oberen Ende sich eine langgestreckte Höhle in einer hohen, steilen Felswand befindet, vor der ein gewaltiges Blockmeer sich ausdehnt. Auch hier wurden mehrere Zweigbarrancos überschritten. Es folgte der Barranco de Cantera mit einer spitzen Klippe an seiner linken Wand. Dann gingen wir längere Zeit über kahle Felder, bis plötzlich die Palmen von Alajero auftauchten. Mit Eintritt der Dämmerung zogen wir in diesen Ort ein und waren sofort von der ganzen Dorfbevölkerung umringt, in der mir die üppigen Gestalten der Frauen und Mädchen auffielen, die einen starken Kontrast zu den schlanken und mageren Körperformen bildeten, die ich bisher auf Gomera gesehen hatte. Ich nahm auf der Steintreppe eines Hauses Platz und beantwortete die neugierigen Fragen so gut ich konnte. Ich erfuhr, daß das Dorf keine Fonda hatte und verlangte den Bürgermeister zu sprechen, um Unterkunft für die Nacht zu erhalten. Denn es war bereits zu spät geworden, um noch nach Santiago zu gelangen. Nach einiger Zeit erschien ein alter Bauer, der sich als Alkalden vorstellte und mir mitteilte, daß Unterkunft in dem Orte nicht zu bekommen sei. Ich zog nun das Empfehlungsschreiben der Regierung aus der Tasche, das dem Bürgermeister, der selbst nicht lesen konnte, vorgelesen wurde. Er versprach darauf, für ein Quartier Sorge zu tragen, und nach zweistündigem Warten wurde mir ein kleines, fensterloses Gemach angewiesen, in dem ein sehr sauberes Bett auf einem Holzgestell für mich gerichtet war, während den Fußboden ein Lager für den Führer bedeckte. Nach den Strapazen des Tages waren wir bald entschlummert.

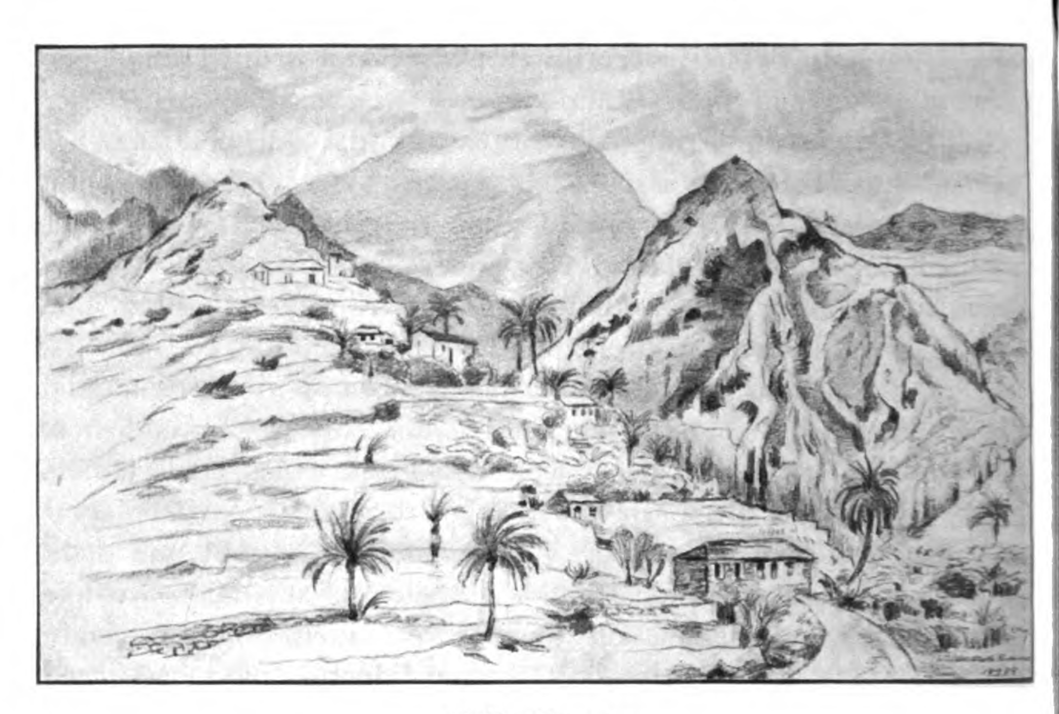
Als ich am nächsten Morgen in der kleinen Tienda, deren Inhaber das Zimmer vermietet hatte, nach dem Preise fragte, antwortete der Mann: zwanzig Peseten. Ich glaubte, nicht recht gehört zu haben, denn in einer Fonda Gomeras beträgt der

Tagespreis für Kost und Wohnung drei bis vier Peseten. Ich hatte abends nur ein paar Feigen und Orangen gegessen und ein Glas Wasser dazu getrunken, eine Zeche von wenigen Centimos. Aber der Mann wiederholte: zwanzig Peseten. Als er jedoch mein furchtbar erstauntes Gesicht sah, ging er sofort auf zehn Peseten herunter. Ich bestand jedoch darauf, nicht mehr als vier Peseten zu bezahlen, warf das Geld auf den Tisch und verließ den Laden. Auch der Führer, dem ich zwei Peseten über den ausbedungenen Preis bezahlt hatte, obgleich er mich gar nicht bis nach Santiago gebracht hatte, war mit seinem Geld nicht zufrieden; ich blieb jedoch standhaft und bezahlte keinen Centimo mehr. Später wurde ich von den Leuten noch mit der größten Höflichkeit behandelt und gebeten, in meinem Bericht nichts von der Sache verlauten zu lassen, sie hätten geglaubt, ich sei von der Regierung mit reichlichen Mitteln versehen worden. Ich verzichtete nun auf die Tour nach Santiago und beschloß von Alajero direkt nach San Sebastian zurückzukehren. Während ich auf den Führer wartete, wurde der mich betreffende Regierungserlaß nicht weniger als dreimal mehreren durchkommenden Personen vorgelesen. Um neun Uhr kam der Führer, ein Esel war jedoch nicht aufzutreiben, und der Mann trug meinen recht schweren Koffer den zehnstündigen beschwerlichen Weg über Stock und Stein auf der Schulter, eine enorme Leistung, die ein Licht auf die weithin berühmte Körperstärke der Gomeros wirft.

Wir stiegen in nördlicher Richtung aufwärts und erreichten nach kurzer Zeit den Barranco de Imada, der mit Opuntien und Palmen bewachsen ist. Auf eingehauenen Steinstufen kletterten wir an steiler Felswand in das Tal hinab und durchquerten es bei dem Orte Imada, um gleich darauf einen zweiten Barranco mit zahlreichen Opuntien zu überschreiten. Nach zwei Stunden kamen wir an den Barranco de Agando, ein sehr weites Tal mit vielen Palmen, die Benchijigua, einen in der Geschichte Gomeras berühmten Ort, umgeben. Hinter diesem Dorfe ragt der mächtige Kegel der Roque de Agando empor. In der Nähe der Häuser weideten Kühe und Pferde, ein Füllen lag im Grase und sonnte sich. Wir klommen dicht am Roque de Agando eine furchtbar steile Talwand hinauf, wo blühende Tabaybabäumchen und ein Mauerpfeffer (Sedum spec.) wuchsen, und kamen an einem mächtigen abgestürzten Felsblock vorbei, unter dem sich eine Höhle

befand. Gegen zwei Uhr erreichten wir das von Palmen umgebene Vega y Pala, und eine Stunde später erschien links auf der waldigen Höhe die Ermita de las Nieves, die ich von San Sebastian aus schon öfters besucht hatte. Wir wanderten nun durch Lorbeer- und Heidewald zum Barranco del Cabrito, der von sehr schroffen Felswänden eingeschlossen wird, zwischen denen die Häuser von Jerdune liegen, und weiterhin über eine öde Fläche zu dem wildromantischen Barranco de la Guancha. Auf dem Rücken, der diesen Barranco von dem Barranco del Cabrito trennt, erhebt sich ein Felsen, der einen eigentümlichen, Sombrero genannten Aufsatz von der Form eines Heuschobers trägt. Dann passierten wir die kleine Ortschaft Mona oder Ayamorna, die aus zwei Gruppen von Steinhütten besteht und dicht an die Wand zweier Felsenbühls angelehnt ist. Hier weidete eine Herde von Schafen, die durch ihre langen, weichen Haare auffielen. Zahlreiche Disteln mit weißen Pappusköpfen bedeckten den Boden. Weiterhin überschritten wir eine öde Hochfläche, auf der zwei Steinbütten standen und vielfach ein weißes, stark kaolinisiertes Gestein zutage trat. Jetzt machte sich bereits die frische Luft des Meeres fühlbar, der Pik von Teneriffa tauchte auf und bald auch der Hafen und die Stadt San Sebastian. Doch hatten wir immer noch zwei Stunden in der Finsternis beim Schein meiner Acetylenlaterne, die der Führer eine »buena cosa« nannte, abwärts zu steigen. Gegen sieben Uhr erreichten wir die letzten Ausläufer San Sebastians, überschritten den Bach des Barranco de la Villa und betraten unser Haus, wo ich meine Schwester wohlbehalten antraf.

Die ganze Reise um die Insel hatte dreizehn Tage gedauert. Was mir dabei besonders zum Bewußtsein kam, war der ungeheure Gegensatz zwischen der Nord- und Südseite Gomeras: jene ein landschaftliches Paradies, diese eine trostlose, nur von einzelnen Oasen unterbrochene Steinwüste.



Valle Hermoso

Siebentes Kapitel

Quer durch die Insel und auf den Alto de Garajonay

Nach Beendigung der Rundreise um die Insel blieb mir auf Gomera nur noch eine Aufgabe zu lösen übrig: die Besteigung des höchsten Berges, des Alto de Garajonay. Ich wollte sie mit einer Durchquerung der Insel in der Richtung von Südosten nach Nordwesten verbinden: am ersten Tage von San Sebastian bis zur Ermita de las Nieves, am zweiten über den Alto de Garajonay nach Valle Hermoso wandern und am dritten mit einem Fruchtdampfer nach San Sebastian zurückfahren. Die kleine Reise, die ich ohne Führer machte, ging jedoch nicht ganz programmgemäß von statten.

Ich brach am Sonntag, den 1. März, bei sehr schwülem Wetter auf. Das Meer war ganz von einer Dunstschicht bedeckt. Nach Überschreitung des Barranco de la Villa ließ ich die letzten Häuser der Stadt hinter mir und stieg den steinigen Weg, der auf die südlich von San Sebastian gelegenen Höhen führt, hinauf. Auf einem isolierten Felsen saß ein großer Rabe, ein anderer

flog krächzend über das Tal. Mehrmals flogen Steinhühner mit lautem Geschrei und Flügelschlag auf.

Nach dreistündiger Wanderung erblickte ich die Häuser von Ayamorna im oberen Teil des Barranco de la Guancha. Von der Höhe über diesem Ort bot sich mir eine interessante Aussicht. Ich sah in den Talkessel am oberen Ende des Barranco de la Villa hinab, den die spitzen Zacken der Cumbre del Carbonero überragten. Über den Grat der Cumbre erhob sich die bewaldete Felsenmasse des Monte de Inal. Mehr im Vordergrund ragten zwei isolierte Felsenspitzen auf, und meerwärts schweifte der Blick über die nordöstliche Hochfläche jenseits des Barranco de la Villa, aus der sich die lange Felsenmauer über dem Barranco del Balo heraushob. Die Felsen, auf denen ich rastete, waren über und über mit weißen und roten Krustenflechten sowie mit graugrünen Strauchflechten bedeckt. Unter den Blütenpflanzen fiel eine kleine, zierlich verästelte Fetthenne (Sedum spec.) durch ihre Häufigkeit auf. Ein großer Weberknecht, den Strand als eine neue Spezies (Phalangium canarianum) erkannte, lief hastig über das Gestein.

Gegen ein Uhr überschritt ich den Rücken zwischen dem Barranco de la Guancha und dem Barranco del Cabrito. Die Häuser von Herdune wurden sichtbar und in der Höhe die Ermita de las Nieves. Eine halbe Stunde später lagerten sich Wolken auf die Cumbre und verhüllten ihre Zacken. Nebelstreifen zogen am Roque de Garcia und Monte de Herdune vorüber. Um die Felsen kreisten Raben und Turmfalken.

Ich will hier einige Worte über diese beiden Vögel einschalten.

Der kanarische Rabe (Corvus tingitanus), von den Eingeborenen Cuervo genannt, wurde früher für identisch mit dem Kolkraben (Corvus corax) gehalten. Die geringe Größe seiner Körperformen und seines Schnabels sowie gewisse Lebensgewohnheiten unterscheiden ihn jedoch von der europäischen Art. Während diese stets einzeln oder in Paaren lebt, kommt der kanarische Rabe meist in großen, oft erstaunlichen Schaaren vor. Seinen Horst baut er gewöhnlich aus Reisern in irgend einer unzugänglichen Felsennische. Seine Nahrung besteht aus Heuschrecken, Mäusen, Feldfrüchten und Aas. Er fügt den frisch gesäten Feldfrüchten großen Schaden zu, besonders dem Mais,

indem er das keimende Pflänzchen samt dem Korne aus der Erde zieht. Viera nennt ihn daher einen Vogel von übelstem Rufe. Von den Hirten wird er als der hündischste Vogel bezeichnet, den es gibt, da er jungen Ziegen und Lämmern die Augen aushacken soll, um sie zu fressen. Das Volk erzählt sich viele märchenhafte Züge von der List des Raben. Er soll an quellenarmen Orten, wenn er einen von Schnittern auf dem Feld zurückgelassenen Krug nur halb mit Wasser gefüllt findet, Steine hineinwerfen und die Flüssigkeit zum Steigen bringen. Nach Viera nehmen die Raben, wenn sie sehen, daß man ihnen die Eier rauben will, Steine in ihre Fänge und lassen sie, in hoher Luft schwebend, auf die Köpfe der Angreifer herabfallen.

Der kanarische Turmfalk (Cerchneis tinnunculus canariensis) bildet eine besondere Subspezies, die durch die lebhafte Färbung des Männchens sowie das besonders dunkle Kolorit und die auffallend bläuliche Schwanzfärbung des Weibchens sich von der viel blasser gefärbten typischen Form des Festlandes unterscheidet, die auch größer und stärker im Habitus ist. Es ist diese Ausbildung einer besonderen Form auf den Kanaren nicht zu verwundern, da der Turmfalk zu den Vögeln gehört, die überhaupt eine besonders starke Neigung zur Abänderung und Artbildung besitzen. In der Lebensweise unterscheidet sich der kanarische Vogel jedoch kaum von unserer europäischen Form. Er liebt felsige Gegenden, Täler und schroffe Felswände und baut sein Nest aus dürren Zweigen und kleinen Stecken unter überhängenden Klippen in den Barrancos. Es ist fast immer dadurch unzugänglich, daß der Felsen unter ihm konkav zurückweicht. Der Turmfalk frißt Mäuse, Eidechsen, Grillen und Heuschrecken und fängt besonders Eidechsen sehr geschickt, sogar große ausgewachsene Exemplare von Lacerta galloti. Auch stößt er auf Milane und Raben. Er ist im ganzen kanarischen Archipel als Standvogel außerordentlich verbreitet, selbst auf den baumlosen Wüstenflächen Fuerteventuras. Bolle schoß ihn häufig in der Ebene von La Oliva, wo man in hohen, heuschoberartigen, mit Stroh bedeckten »Pajeros« die Weizenernten jahrelang aufzubewahren pflegt. Jeder dieser Kegel war fast beständig mit einem Falkenpärchen besetzt, das von dort aus den Heuschrecken und Feldmäusen auflauerte. Nicht selten sah Bolle sie auch in den Kronen der Gartenbäume. In der Gefangenschaft wird der

Turmfalk bald sehr zahm. Die Eier der kanarischen Form sind ein wenig schwächer in den Maßen als die der europäischen und variieren ungemein in der Färbung. Der auf Madeira lebende Turmfalk gehört ebenfalls zu der klimatischen Subspezies canariensis.

Gegen halb drei Uhr kam ich in der Ermita de la Nieves an. Dieser Wallfahrtsort liegt 1250 m über dem Meere am Rand des Waldes auf einem freien Platz und besteht aus einer Kapelle und einem kleinen Schuppen ohne Tür und mit halb verfallenem Dach. Nur einige größere Steine und Eselmist bedeckten den Boden des Schuppens, in dem ich zu übernachten gedachte. Ich suchte mir Reisig zusammen und bereitete mir in einer Ecke der Hütte ein Lager, das ich an den beiden offenen Seiten mit großen Steinen verbarrikadierte. Dann setzte ich mich vor den Eingang der Hütte und überließ mich meinen Gedanken. Über mir war klarer Himmel und Sonne, im Tal verdüsterte es sich bald, bald hellte es sich wieder auf, Wolkenschleier zogen vorüber, und nach und nach verdichteten sich die Wolken zu einem undurchdringlichen Nebel, der das ganze Tal einhüllte, und auch über mir umzog sich der Himmel.

Ich durchwanderte die Umgebung der Ermita und sammelte Pflanzen und kleines Getier. Die Abhänge oberhalb und unterhalb des freien Platzes, auf dem die Ermita steht, waren mit Baumheide (Erica arborea), Kirschlorbeer (Myrica faya) und Juagarzo (Cistus monspeliensis) bewachsen, von denen lange Bartflechten (Usnea plicata) herabhingen. Der Boden war mit Kräutern und Flechten überzogen, und auch einige Pilze standen dazwischen. Unter den Kräutern war besonders die Acker-Nolde (Sherardia arvensis), die mit dem Waldmeister verwandt ist und bei uns als gemeines Ackerunkraut besonders auf Kalk- und Tonboden vorkommt, häufig. Von Flechten wuchsen auf der bloßen Erde innig vermischt die aus zarten, gelben Fäden bestehenden Lager von Theloschistes flavicans, die silbergrauen, blattartigen Lager von Anaptychia leucomelaena und die zierlichen Becher der kosmopolitischen Cladonia pyxidata. Die Steine waren überzogen mit den weißen und gelblichen Krusten von Porenflechten (Pertusaria spec. und P. sulphurea), den bräunlichen, durch die schüsselförmigen Fruchtkörper weißgefleckten Krusten der Parelle-Flechte (Ochrolechia parella), die in Frankreich zur

Bereitung eines roten Farbstoffes, der Parelle oder Erdorseille benutzt wird, und den grauen, mit schwarzen Fruchtkörpern bedeckten Krusten einer Scheibenflechte, die Steiner als eine neue Art (Lecidea lavicola) erkannte.

Unterhalb der auf dem bewachsenen Boden umherliegenden Steine waren besonders der breite Schwarzkäfer Pimelia costipennis, die durch ihren braunen Vorderkörper und glänzend schwarzblauen Hinterleib auffallende Ameise Messor barbarus subsp. capitatus var. minor und die braune Rasenameise (Tetramorium caespitum subsp. punicum) sehr häufig. Außerdem erbeutete ich die peregrinen Regenwürmer Helodrilus caliginosus var. trapezoides und H. chloroticus, die Asseln Porcellio scitus und Metoponorthus pruinosus, mehrere Larven und erwachsene Exemplare des großen Ohrwurmes Anisolabis maxima, den großen schwarzen Kurzflügler Staphylinus olens, den Schwarzkäfer Hegeter tristis, ziemlich viele Exemplare von Caracollina discobolus und sechs Exemplare der kleinen, schwarzen Nacktschnecke Amalia gagates. Ab und zu huschte ein Skink (Chalcides viridanus) beim Aufheben eines Steines davon.

Schon um sechs Uhr suchte ich mein Reisiglager auf, ohne jedoch einschlafen zu können. Es war nach und nach kalt geworden, und die Kälte verhinderte mich am Schlaf. Ich stand wieder auf und versuchte ein Feuer anzuzünden; das feuchte Reisig wollte aber nicht brennen, sondern glimmte nur etwas und verbreitete einen scheußlichen Geruch. Nach einer Viertelstunde gab ich den Versuch auf und legte mich wieder auf mein kaltes Lager. Meine Füße, die vorher wie Feuer gebrannt hatten, waren jetzt zu Eisklumpen erstarrt, und ich machte vergebliche Anstrengungen, sie zu erwärmen. Ab und zu nickte ich ein, wurde aber bald durch die Kälte oder durch das Poltern auf dem Dach, das wohl von verwilderten Katzen herrührte, wieder aufgeschreckt. Einmal erwachte ich durch einen schweren Druck auf meinen Arm, ich fuhr in die Höhe und sah ein größeres Tier, wahrscheinlich eine Katze, den Eingang des Schuppens verlassen. Als der Morgen dämmerte bereitete ich mir ein Frühstück aus Brot und Käse, die vom Liegen auf dem Boden ganz feuchtkalt geworden waren, raffte meine Sachen zusammen und eilte so rasch wie möglich vorwärts, um mich zu erwärmen. Ich kam zunächst durch niederen Heidewald und tief

eingeschnittene, moosbedeckte Hohlwege, die von Heidebäumen überwölbt waren. Als ich aus einem solchen Hohlweg auf eine mit Juagarzo bewachsene Lichtung hinaustrat, tauchte plötzlich der riesige Erosionskegel des Roque de Agando vor mir auf, um bald wieder im Nebel zu verschwinden. Der Weg führte dann über den Barranco de Agando und dicht an dem gleichnamigen Roque vorbei. Am Fuß dieses Felskolosses weideten langwollige Schafe und braune Ziegen. Zur Rechten tauchte der gerundete Kegel des Roque de Ojila aus dem Nebel auf, und ich wanderte auf einem Grat zwischen zwei Barrancos entlang, den Roque de Agando zur Linken, den Roque de Ojila zur Rechten. Die Vegetation bestand hauptsächlich aus Juagarzogesträuch.

Gegen sieben Uhr betrat ich den höheren Lorbeer- und Heidewald, den ich dann stundenlang nicht wieder verließ. Hier kreuzten sich die Pfade nach allen Richtungen, und ich kam bald vom richtigen Wege ab, konnte mich aber durch zwei Männer, die auf Eseln dahertrabten, wieder zurechtweisen lassen. Ich bestieg eine kleine Anhöhe, von der aus ich einen prachtvollen Anblick genoß: über mir war blauer Himmel, und unter mir breitete sich ein endloses, wogendes Nebelmeer aus, über das nur der spitze Zacken des Roque de Agando wie eine Insel emporragte. Später sammelte ich im Wald unter Steinen, hatte aber eine sehr spärliche Ausbeute. Ein schwarzer Tausendfuß, eine kleine Spinne (Dysdera macra), einige kleine Käfer und ein junges Exemplar der Glasschnecke Vitrina lamarcki war alles, was ich erhielt.

Im weiteren Verlauf meiner Wanderung verfolgte ich den Hauptweg, der nach Alajero führt, zu weit und verlor dadurch mehrere Stunden. Ich kam an einen Bach, in dessen Umgebung der aus stark zersetzten, gelben und roten Tuffen bestehende Boden durch die Regenwasser tief durchfurcht war, und mußte hier umkehren, da der Pfad beständig bergabwärts führte. Erst nach längerer Zeit begegnete ich zwei Männern aus Alajero, von denen mich der eine auf sehr verwickelten Pfaden, die ich allein sicher nicht gefunden hätte, bis zur Laguna grande brachte. Zur Linken sah ich den bewaldeten Rücken des Alto de Garajonay, und wir kamen auch an der Stelle vorbei, wo sich der Weg zum Gipfel abzweigt; es war aber für den Aufstieg bereits zu spät geworden, und ich mußte schweren Herzens darauf verzichten.

Die Laguna grande ist ein alter Kraterboden mitten im Wald, eine große, ziemlich ebene Fläche, bedeckt mit grünem Rasen, vertrocknetem Adlerfarn und großen, zerstreut umherliegenden Steinen, von Heidesträuchern und Heidebäumen rings begrenzt. Auch hier wendete ich die Steine um uud fand außer den Käfern und Ameisen, die ich bereits bei der Ermita de las Nieves gesammelt hatte, zahlreiche Exemplare der auf Gomera häufigen Spinne Callilepis moebii.

Gegen zwei Uhr zog der Nebel herauf, ein feiner Sprühregen begann, und ich verließ die Laguna. Der sehr schlechte Weg abwärts führte durch prachtvollen Wald und feuchte, moosbedeckte Schluchten mit Farnkraut und Hauslaubrosetten. Den Boden bildete ein äußerst stark zersetzter, braunroter Tuff, und an den Hängen trat ein zersetzter, brauner Tuff mit hellen Flecken und Manganbelag zutage. Nach einer guten Stunde wurde der Roque del Valle, halb vom Nebel verschleiert, sichtbar. Ich gelangte in den Barranco del Ingenio, ein sehr fruchtbares Tal, wo ein Bach in einem tiefen Einschnitt dahinbraust, und passierte das malerisch gelegene Dorf Puestelagua mit seinen früchtetragenden Orangenbäumen, Ñames- und Bananenfeldern. Nach Überschreitung des Baches ging der Pfad hoch über diesem an Felswänden vorbei, wo der silbergraue kanarische Beifuß (Artemisia canariensis) stark vertreten war. Als ich gegen fünf Uhr in Valle Hermoso ankam, sah ich, daß Karneval gefeiert worden war. Die Straße war mit Konfetti bestreut und fast jeder Mensch mit Mehlstaub bedeckt. Später hörte ich von meiner Schwester, daß auch in San Sebastian drei Tage lang der Karneval in ziemlich roher Weise begangen worden war; die Burschen hatten die Mädchen mit Wasser übergossen und was dergleichen Scherze mehr waren. Ich freute mich, diesem Treiben durch die Flucht in die Wälder entgangen zu sein.

Am nächsten Tage regnete es ununterbrochen, und ich blieb in der Fonda, um mich etwas auszuruhen. Zugleich gab ich aber meine ursprüngliche Absicht, zu Schiff nach San Sebastian zurückzukehren, auf und beschloß einen zweiten Versuch zur Besteigung des Alto de Garajonay zu machen. Ich wollte diesmal in einem einzigen Tage die Insel durchqueren, denn an eine zweite Übernachtung in der Ermita de las Nieves war nicht zu denken. Ich übergab meinen Rucksack einem Mann, der mit

dem Fruchtdampfer nach San Sebastian fuhr, um so leicht geschürzt wie möglich dahinschreiten zu können, und brach am Mittwoch, den 4. März, nachts halb vier Uhr, mit der Laterne in der Hand von Valle Hermoso auf. Einige Sterne waren am Himmel sichtbar, aber auf den Bergen hingen Wolken. Tiefe Stille umgab mich, nur das Plätschern des Baches war zu hören. Anfangs bot der Weg keine Schwierigkeiten, nach einer halben Stunde aber geriet ich in die Felder und den Bach hinein, so daß ich umkehren mußte. Glücklicherweise fand ich bald den richtigen Pfad wieder und schritt rüstig auf ihm bergan, zuweilen vom Bellen der Hunde aufgeschreckt. Ich hatte verschiedene Anhaltspunkte für den Weg: ein einsames Haus, vor dem zwei Tage vorher eine Karnevalsgesellschaft mit einem kostümierten Esel versammelt war, den Abhang mit den zahlreichen Beifußsträuchern, einen kleinen Wasserlauf zur Seite des Weges, bei dem der Bach zu überschreiten war, und einige Orangenbäume am Ausgang des Dorfes. Die Umrisse der schwarzen Berge traten allmählich deutlicher hervor. Um sechs Uhr hatte ich einen schönen Blick rückwärts auf Valle Hermoso. Zu meinen Füßen lag ein grünes Tal, von mehreren Bergrücken überragt, über die sich der Roque del Valle erhob, scharf sich abhebend von dem blauen Stück Himmel, das über dem Meere in einer geraden Linie von einer dunkeln Wolkenbank abgeschnitten wurde. Tief unten erblickte ich die weißen Häuser des Ortes und hinter ihnen die steile, von der Sonne beleuchtete Talwand.

Ich durchwanderte wieder den frischen, grünen Wald. Alles strotzte von Feuchtigkeit, leider regnete es aber auch ununterbrochen. Um sieben Uhr erreichte ich die Laguna grande, und jetzt erst begannen die eigentlichen Schwierigkeiten. Ich hatte mir auf dem Hinweg den Verlauf der Höhen des Alto de Garajonay gemerkt und gehofft, mich danach orientieren zu können. Aber leider hüllte sich jetzt alles in dichten Nebel ein, und von dem Höhenzug war nichts zu sehen. Ich geriet wiederum vom Wege ab und hatte mich bald vollständig verirrt, hielt aber mit Hilfe des Kompasses so gut wie möglich die Richtung ein. Ich hörte das Läuten von Viehglocken, kam an Schaf- und Ziegenherden vorbei, vernahm auch aus der Ferne das Pfeifen von Menschen, aber niemand war in dem undurchdringlichen Nebel zu sehen. Nach längerem Umherirren kam ich wieder

auf einen guten Weg, der beständig in südlicher Richtung führte und auf dem viel Eselmist die Hoffnung erweckte, einem Menschen zu begegnen. Plötzlich kam mir die Gegend bekannt vor, und ich stand an der markanten Stelle, wo der Pfad nach der Höhe des Alto de Garajonay abzweigt. Gerade hier begegnete ich auch einem Manne, bei dem ich mich vergewissern konnte, daß ich mich nicht geirrt hatte. Und um das Maß der Freuden voll zu machen, brach in diesem Augenblick die Sonne durch den Nebel, ohne allerdings lange den Sieg zu behaupten.

Von nun an war die Besteigung des Alto ein Kinderspiel. Der gute Pfad führte durch unvermischten Heidewald, der aus grotesk gestalteten, von Moosen und Flechten überwucherten Heidebäumen bestand. Neben den Büscheln der Bartflechte (Usnea spec.) wuchsen an den Stämmen die gelben Fäden von Thelaschistes flavicans und die runden, beiderseits weißlich glänzenden Lager der Tartschenflechte (Cetraria glauca var. fallax). Das schöne Astmoos Antitrichia curtipendula bildete mächtige hellgrüne Rasen, mit denen die kleinen, dunkelgrünen, steifästigen Büsche des Lyellschen Goldhaarmooses (Orthotrichum lyelli var. crispatum) kontrastierten. Auch auf dem Boden breitete sich das Astmoos Antitrichia curtipendula aus, und zwischen seinen grünen Bäumchen bemerkte man als helle Flecken die blattartig ausgebreiteten Lager der Flechte Lobarina serobiculata. Über den Moosteppich erhob der Adlerfarn (Pteris aquilina) seine breiten Wedel. An der höchsten Stelle des Pfades, die ich gegen neun Uhr früh erreichte, befindet sich ein kleiner freier Platz, umgeben von alten Heidebäumen. In der Wurzelnische eines solchen stand ein kleines Holzkreuz, das fromme Hände mit Heidesträußchen geschmückt hatten.

Ich verfolgte den Weg noch eine Strecke weit und gelangte an eine freiere, nur mit wenigen Bäumen bestandene, mit Rasen und großen Steinen bedeckte Stelle. Da wo der Boden nackt war, bestand er aus einem gelben, schwarzgesprenkelten, ziemlich stark zersetzten Tuff. Hier verweilte ich längere Zeit und sammelte kleines Getier unter den umherliegenden Steinen, was bei dem herrschenden Nebel, Sturm und Regen mit Schwierigkeiten verbunden war. Die Assel Porcellio scitus, die Tausendfüßer Lithobius teneriffae und Geophilus carpophagus, die Spinnen Eresus niger, eine in Europa weitverbreitete Art, Drassodes lapi-

dosus, eine ebenfalls häufige europäische Spezies, Callilepis moebii, Gnaphosa canaricola und Tarentula kulczynskii var. gomerae, der Borstenschwanz Ctenolepisma lineata, ein Laufkäfer der Gattung Ophonus, die Schwarzkäfer Hegeter amaroides und Pimelia costipennis, ein Rüsselkäfer, zwei große Käferlarven, einige große schwarze Ameisen und ein Exemplar von Lacerta galotti bildeten meine Ausbeute.

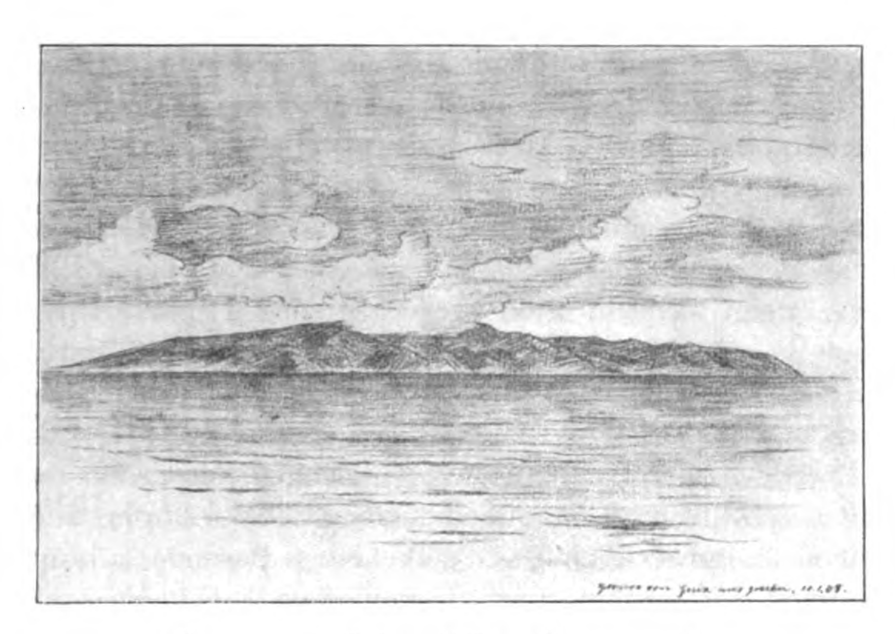
Sodann erkletterte ich ohne Pfad den höchsten Punkt des Alto de Garajonay und Gomeras überhaupt. Ich betrat einen freien, aber unebenen Platz, in dessen Mitte sich eine Erhöhung mit zwei aus moosbewachsenen Lavablöcken aufgetürmten Steinhaufen befand. Von hier aus überschaut man bei klarem Wetter die ganze Insel mit ihren zahllosen, nach allen Richtungen von der Höhe zur Küste herabsteigenden Barrancos, was ein eigenartiger Anblick sein muß. Mir ging er leider ganz verloren, denn ich sah nur eine einzige, undurchdringliche Nebelmasse.

In der Nachbarschaft der höchsten Stelle des Berges bestand der Felsboden aus grauer, dichter, stark feldspathaltiger Lava. Heidebäume mit ungeheuren Moosbärten bildeten den Wald, dazwischen aber bemerkte ich zu meinem Erstaunen ein kleines Wäldchen von Euphorbia berthelotii. Die Bäumchen dieser Wolfsmilch standen in Blüte, und ihre Äste waren ganz mit Moos (Orthotrichum lyelli var. crispatum) und Flechten überwuchert, was einen eigentümlichen Anblick gewährte, da man bei dieser Pflanze einen solchen Schmuck nicht gewöhnt ist. Schon im Jahre 1867 hat v. Fritsch auf das Vorkommen dieser Wolfsmilch, die er für Euphorbia regis jubae hielt, an diesem außergewöhnlichen Standort hingewiesen, indem er schrieb: »Auf dem höchsten Gipfel (circa 1340 m) wächst noch ein kümmerliches, moosbewachsenes Exemplar einer Pflanze, die man sonst nur in der Nähe der Küste sieht, hier zwischen Lorbeeren und Erica, eine Euphorbia regis jubae.« Ich fand jedoch nicht nur ein einziges kümmerliches Exemplar, sondern wie gesagt ein ganzes kleines Wäldchen kräftiger Bäumchen.

Nachdem ich gegen zwei Stunden auf dem Gipfel des Alto verweilt hatte, eilte ich abwärts. Es war nicht zu verwundern, daß ich mich in dem Labyrinth der Waldpfade noch einmal verirrte. Ein Mann, der ein schwarzes Ferkel auf der Schulter trug, wies mich zurecht, und ich mußte eine beträchtliche Strecke wieder zurück.

Endlich erreichte ich den Weg zwischen Alajero und der Ermita de la Nieves, wo eine Verirrung nicht mehr möglich war. Aber Regen, Sturm und Nebel erschwerten die Wanderung. Als ich an die Stelle kam, wo ich vor zwei Tagen den Zacken des Agandofelsens aus dem Nebel ragen sah, war von dem Felskoloß nichts zu sehen, nur eine uferlose Nebelmasse unter mir, vor mir und über mir. Gegen halb zwei Uhr tauchten die Häuser der Ermita de la Nieves aus dem Nebel auf. Ich fand meine Lagerstätte noch unversehrt vor und machte eine kurze Rast. Der Abstieg kam mir endlos lang vor. Um halb sieben Uhr erreichte ich mein Haus, nachdem ich fünfzehn Stunden in Nebel, Sturm und Regen gewandert war.

Gomera war mir nun genug bekannt. Ich hatte seine Steinwüsten und Oasen, seine wilden Barrancos, seine grandiose Felsenküste, seine rauschenden Bäche und Wasserfälle, seine herrlichen Wälder und seine jammervolle Hauptstadt mit ihrer nicht minder jammervollen Bevölkerung gründlich kennen gelernt. Ich hatte es bei Sonnenschein und glühender Hitze, bei lauer, milder Luft, bei Regen, Sturm und Nebel geschaut. Nun konnte ich es verlassen. In den letzten Tagen sang es uns sein Scheidelied. Ein rasender Sturm toste ununterbrochen dahin, als sollte alles davongeweht werden. Zwei Ziegel wurden nachts von dem Dach unseres Hauses gerissen, und als ich morgens erwachte, sah ich über meinem Bett den blauen Himmel. Vergebens wartete ich auf meinen Rucksack, denn der Fruchtdampfer von Valle Hermoso lief wegen des Sturmes nicht ein, und ich fürchtete schon, die Schätze zu verlieren, die ich auf meiner letzten Inselreise gesammelt hatte. Doch alles löste sich schließlich zur Zufriedenheit. Der Sturm legte sich, der Fruchtdampfer lief ein, der Rucksack kam zurück, und voll Hoffnung sahen wir der Stunde der Heimkehr entgegen.



Gomera, von Guia auf Teneriffa aus gesehen

Achtes Kapitel

Von Gomera nach Hamburg

Am Sonntag, den 8. März 1908, wurde unser Haus in San Sebastian geräumt. Eine Schleife entführte meine neun Kisten nach dem Strand, und die Möbel wanderten in die Fonda zurück. Der Tag wurde zu Abschiedsbesuchen benutzt, und abends saßen wir mit einigen Offizieren noch stundenlang in dem kleinen Café des Don Pablo zusammen, bis endlich gegen Mitternacht die Einschiffung erfolgte. Die rauhen Männer, die unser Gepäck besorgt und die wir durch Zurücklassung aller möglichen Haushaltungsgegenstände in große Freude versetzt hatten, drückten uns die Hand zum Abschied. Zum letzten Male wurden wir auf starken Schultern durch die schäumende Brandung des Strandes von San Sebastian getragen, um auf schwankendem Kahn das Schiff zu erreichen, das uns der Heimat wieder näher bringen sollte. Als wir am Montag früh erwachten, waren wir bereits in Santa Cruz de la Palma angelangt, wo wir acht Tage, bis zur Abfahrt des nächsten Dampfers, zu bleiben gedachten.

Die Insel La Palma ist nächst Ferro die westlichste der Kanaren und liegt zwischen dem 28. und 29. Grad nördlicher

Breite. Sie ist von birnförmiger Gestalt, 46 km lang, 27 km breit, und erhebt sich in dem Roque de los Muchachos, dem Knabenfelsen, 2400 m über den Meeresspiegel. Ihr breiterer nördlicher Teil umschließt das tiefste vulkanische Kesseltal der Erde, die Caldera de Taburiente, die der Insel ihre touristische und geologische Berühmtheit verschafft hat. Von der Südostecke der Caldera zweigt sich ein 1300—2000 m hoher Höhenzug ab, der die Insel in der Medianlinie von Norden nach Süden durchzieht und in seinem nördlichen Teil Cumbre nueva, in seinem südlichen Cumbre vieja heißt.

Die Bewohner La Palmas, deren Zahl gegen 42000 beträgt, verteilen sich auf zwei Städte und etwa siebzig Dörfer und sind ein ziemlich gewerbfleißiges Völkchen. Besonders blüht die Tabak- und Zigarrenindustrie. Cubanischer Tabak ist seit alten Zeiten hier angebaut worden, und eine La Palma-Zigarre soll von einer echten Havanna kaum zu unterscheiden sein. Ferner werden Seide und Flachs angebaut und wie die einheimische Schafwolle im Lande selbst verarbeitet. Aus dem Holz der Maulbeerbäume, die man im Interesse der Seidenraupenzucht anpflanzt, werden kleine Fäßchen verfertigt, in denen die Palmenser Wasser und Wein auf ihren Reisen mitnehmen. Dazu kommen hübsche Knüpfarbeiten aus Leinengarn sowie Flechtarbeiten aus Stroh und Gräsern. Charakteristische Trachten findet man nur noch in den abgelegeneren Teilen der Insel, so besonders die Montera, eine eigentümliche Kopfbedeckung der Männer aus Zeug mit langem Nackenschutz und aufgebogenem Vorderrand.

Die Hauptstadt La Palmas hat vom Meere aus gesehen eine ähnliche Lage wie Funchal auf Madeira. Sie liegt gleich ihm in einer muldenförmigen Einsenkung zwischen hohen Bergen, die durch ungleichmäßige vulkanische Aufschüttung entstanden ist. Die vulkanische Tätigkeit war im Bereiche des Gebietes der Mulde für lange Zeiten ganz oder fast ganz erloschen, während sie zu beiden Seiten das Land durch Schlacken- und Lavenausbrüche erhöhte. Südlich der Mulde befinden sich die Reste eines alten Tuffkraters, La Caldereta genannt, von dem nur die westliche Umwallung stehen geblieben ist, während die östliche durch die Einwirkung der Brandung und der Niederschläge zerstört wurde. Dadurch erhält man von der Seeseite aus einen

interessanten Einblick in den inneren Aufbau des Kraters, dessen westlicher Rand etwa 300 m hoch ist und von Süden und Südwesten her die Stadt beherrscht. Nach Reiß stand der Kegel ursprünglich wohl als Insel oder Halbinsel im Meer und wurde erst später durch die von oben kommenden Laven mit der Hauptmasse La Palmas verbunden. Ähnlich gebildete Kegel finden sich häufig längs der azorischen Küsten und auf den Galapagosinseln, wo ihre Natur und Entstehungsweise zuerst von Darwin beschrieben wurde.

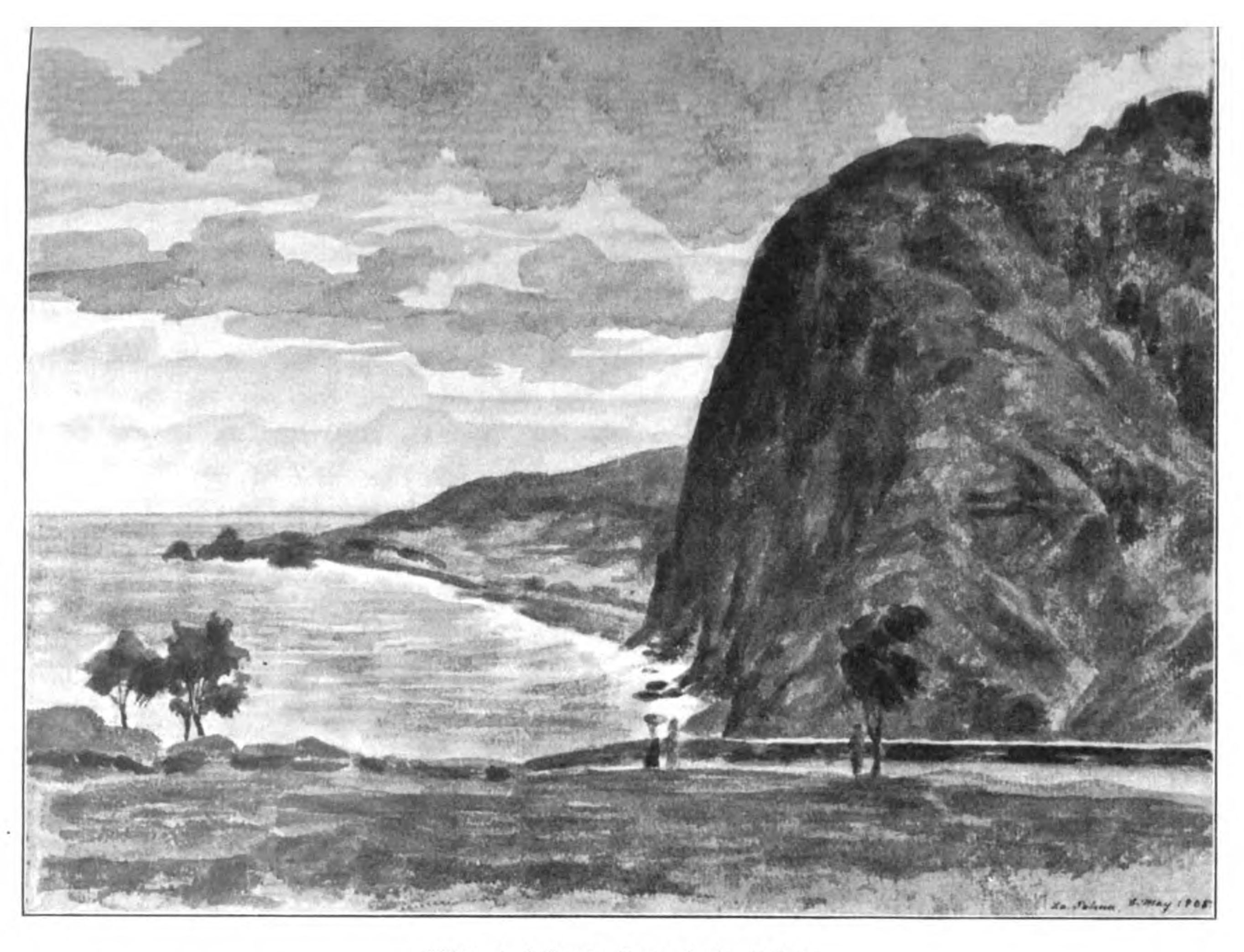
Als wir im Hafen von Santa Cruz de la Palma landeten, wurden wir von dem deutschen Kaufmann, der mir aus den ersten Tagen meines Aufenthalts auf Gomera noch in leuchtender Erinnerung stand, begrüßt. Er führte uns in das Hotel Internacional, eine Fonda, die einer bedeutend höheren Kulturstufe angehörte, als das elende Gasthaus in San Sebastian. Ich unternahm alsbald eine Wanderung durch die Stadt und ihre nächste Umgebung.

Santa Cruz de la Palma zählt etwa 7000 Einwohner. Die Straßen sind eng und mit Rollsteinen gepflastert, die die Brandung gerundet hat. Die Hauptstraße verläuft parallel mit dem Strande und heißt in ihrem südlichen Teil O'Daly, ein Name, der sich aus der großen Zahl von Irländern erklärt, die sich hier angesiedelt haben. Sie zeichnet sich durch ihren Reichtum an Läden und Schaufenstern aus. An den Häusern fallen zahlreiche Gitterbalkone mit schönen Holzschnitzereien auf; im übrigen besitzt aber die Stadt kein Gebäude von besonderem architektonischen Wert, etwa von dem Rathaus mit seiner reich verzierten Bogenfassade aus dem 16. Jahrhundert abgesehen. Es war das einzige Gebäude, das im 17. Jahrhundert übrig blieb, als Santa Cruz durch französische Piraten eingeäschert wurde. In der Mitte der Stadt erhebt sich der Circo de Marta, ein kreisförmiges Gebäude, in dem Hahnenkämpfe abgehalten werden, an denen die Einwohner lebhaften Anteil nehmen und bei denen sie die unsinnigsten Wetten eingehen. Am nördlichen Ende von Santa Cruz befindet sich die Plaza Alphonso XIII mit steinernen Bänken unter alten Lorbeerbäumen. Hinter ihr beginnt der Barranco de la Madera, an dessen Mündung ein steinernes Schiff liegt. Alle fünf Jahre findet hier im April ein großes religiöses Fest statt, zu dem Wallfahrer aus der ganzen spanischen Welt herbeiströmen.

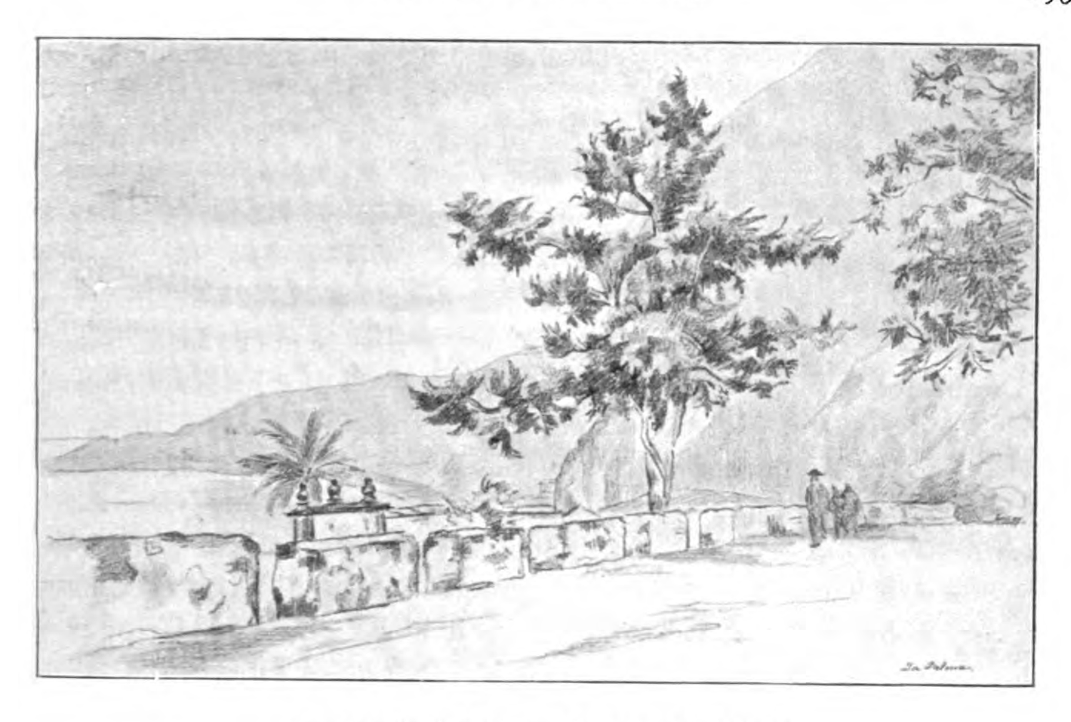
Bei dieser Gelegenheit wird das Schiff aufgetakelt und das Bild der Virgen de las Nieves aus einer weiter oben gelegenen Kapelle in Prozession zur Stadt getragen, um nach zwei Monaten am Ende der Festlichkeiten wieder in die Kapelle zurückgebracht zu werden. Noch weiter nördlich dehnt sich der große Exerzierplatz aus, wo sich die Reste eines alten Kastells befinden, von denen aus man einen schönen Blick auf das Meer genießt. Durch ein altes steinernes Tor gelangte ich auf einen Weg längs des Strandes, der auf der Landseite durch eine Tamariskenhecke begrenzt war und mich bis zu dem höhlenreichen Barranco Carmen führte.

Am zweiten Tage meines Aufenthalts in der Hauptstadt La Palmas besuchte ich das kleine naturhistorische Museum, das gegenüber dem Rathaus neben der Hauptkirche steht. Es enttäuschte mich etwas. Wertvoll erschien mir nur der Schrank mit Guanchenreliquien, in dem neben Schädeln und Knochen schön ziselierte Tonurnen, Mühlsteine zum Mahlen von Mais, hölzerne Sicheln, steinerne Messer, knöcherne Nadeln, Köcher für Nähutensilien, kugelige Wurfsteine, Halsbänder aus Tonringen und geflochtene topfförmige Hüte der kanarischen Urbevölkerung ausgestellt sind. Die in den übrigen Schränken enthaltenen Tiere, unter denen die Vögel und Seetiere vorherrschten, waren meist schlecht konserviert und geordnet. Eine besondere Lokalsammlung fehlte, doch waren natürlich die auffallenderen einheimischen Formen vertreten, so auch die große Eidechse (Lacerta simonyi) der Roques del Zalmor bei Ferro, die ich hier zum ersten Male sah. Eine Sammlung von Samen kanarischer Pflanzen und ein Schrank mit kanarischen Laven waren die einzigen Anzeichen eines schwachen Interesses der Museumsleiter an der besonderen Aufstellung heimischer Naturprodukte. An der Wand des Saales hing ein Bild des Castillo de San Miguel, dessen Reste ich am Tage zuvor besichtigt hatte.

Nach dem Besuche des Museums wanderte ich mit meiner Schwester durch die höher gelegenen Teile der Stadt, zu denen sehr steile Straßen emporführen. Wir saßen längere Zeit auf einer Bank der Plaza de Santo Domingo unter Palmen und Lorbeerbäumen vor einem Springbrunnen, um die Annehmlichkeiten der Zivilisation wieder zu genießen. Nachmittags gingen wir an den Blockstrand südlich von der Stadt, wo eine mächtige



Küste bei Santa Cruz de la Palma



Landstraße bei Santa Cruz de la Palma

Brandung sich am Fuß einer hohen, steilen, dem Wall des Tuffkraters La Caldereta angehörenden Felswand bricht. Am Abend traf ich die Zurüstungen zu einer mehrtägigen Bereisung der südlichen Inselhälfte.

Schon der erste Tag dieser Reise bereicherte mich mit vielen neuen Eindrücken. Ich wanderte auf der schönen Landstraße, die sich längs der Ostküste der Insel hinzieht, zu Fuß bis Fuencaliente. Die Straße ist nächst der Stadt in hohe Basaltfelsen mit regelmäßigen Säulenbildungen eingesprengt, führt zuerst innerhalb des Tuffkraters in Windungen aufwärts bis Buenavista, dem höchsten Punkt des Kraterrandes, und verläuft dann ziemlich horizontal. Bis in die Nähe des Ortes Mazo, der etwa vier Stunden südlich von Santa Cruz liegt und aus mehreren Häusergruppen nebst einer Windmühle besteht, finden sich zahlreiche Eukalyptusbäume zu beiden Seiten der Chaussee; dann wird diese kahl, und der Wanderer überschaut ein weites, von grünen Feldern bedecktes, nach dem Meer zu sanft abgedachtes Gefilde. Unter den Sträuchern wird die Tabayba vorherrschend, unter den blühenden Kräutern fällt besonders der Natternkopf Echium plantagineum auf. Einzelne Feigen- und Orangenbäume

bringen nur wenig Abwechselung in die hier ziemlich kahle Gegend.

Vier Stunden südlich von Mazo betrat ich den mächtigen Lavastrom von Villaflor, der sich bis in das Meer ergossen hat und jetzt von der Straße durchschnitten wird. Seine Oberfläche gleicht, nach dem treffenden Ausdruck von Reiß, einer im Sturme erstarrten See. Er gehört sicher zu den neuesten vulkanischen Erzeugnissen der Insel, wenn er auch vielleicht nicht historischen Ursprungs ist. Südlich von diesem vollständig nackten Strom sind die Laven mit einem prachtvollen Kiefernwald, dem kanarischen Pinar, bedeckt. Auf Gomera fehlt diese Vegetationsformation, abgesehen von einem uralten Kiefernbaum, den Bolle auf dem Roque de Agando sah, und einer malerischen Gruppe schöner Kiefern auf einem Felsgipfel im oberen Valle Hermoso, und ich hatte sie daher bis jetzt noch nicht kennen gelernt.

Die kanarische Kiefer (Pinus canariensis), die ohne alles Unterholz sich aus dem nackten Lavaboden haushoch erhebt, bietet mit ihren meterdicken Stämmen, ihren wirtelförmig angeordneten, horizontal weit abgespreizten Ästen, die vom Boden an beginnen, und ihren 20—27 cm langen, hellgrünen Nadeln, von denen stets drei zu einem Büschel vereinigt sind, einen prachtvollen Anblick. Hans Meyer hat sie mit Recht ein Wunder der vegetativen Kraft und Zähigkeit genannt. Denn sie ist fähig auf dem humuslosen Laven- und Schlackenboden zu gedeihen, wo der Nebel genügt, um sie zu bewässern. Die endständigen Quasten der langen und feinen Nadeln sind nach Schenck ausgezeichnete Nebelfänger, von denen die kondensierten Tropfen rasch ablaufen können. Infolge dieser Anspruchslosigkeit der kanarischen Kiefer in bezug auf den Boden sowie infolge ihrer großen Regenerationskraft, reichlichen Samenbildung und leichten Keimfähigkeit ersetzt sich der Pinar leicht, wenn er niedergeschlagen worden ist, und ist daher trotz der schändlichen Waldverwüstung auf den Kanaren noch in großer Ausdehnung erhalten. Besonders auffallend ist beim ersten Anblick dieser herrlichen Vegetationsformation außer der Form und Farbe der Nadeln, die infolge ihrer leichten Beweglichkeit und geringen Flächenausdehnung vor dem Zerreißen durch den Wind geschützt sind, der weite Abstand der einzelnen Bäume voneinander und der Mangel an Unterholz. Es sind dies Eigentümlichkeiten, die

sich auch in den Nadelwäldern anderer trockener Gebiete finden und sich daraus erklären, daß das Wurzelsystem eines jeden Baumes sich über eine gewisse Fläche rings um den Hauptstamm ausbreitet und bei spärlicher Wasserzufuhr durch Aufsaugen aller Feuchtigkeit das Aufkommen junger Bäume sowie des Unterholzes verhindert. Der Boden des Pinars ist mit einer Schicht rotbrauner Nadeln bedeckt, die austrocknen, ohne Humus zu bilden. Auch findet man hier zahlreich die abgefallenen, geöffneten Zapfen, die nach Schencks Angabe 10—17 cm lang werden. Ich bewahre in meiner Sammlung einen Zapfen von 12 cm Länge und 29 cm Maximalumfang. Das feste, kienige Holz des Baumes ist sehr haltbar und daher ausgezeichnet als Bauholz, Schiffsholz, zur Herstellung von Rudern, Fässern und dergleichen.

Die nächsten Verwandten der kanarischen Kiefer kommen in Nordamerika und Mexiko vor. Sie gehören zu der Sektion Ponderosae, die durch dreinadelige Blattbüschel charakterisiert ist. In Europa ist diese Sektion jetzt ausgestorben, war aber zur Miocänzeit vorhanden. Die kanarische Kiefer existierte damals im östlichen Spanien und ist von dort wohl durch Vermittlung von Vögeln zu den kanarischen Inseln gelangt, gehört also auch zu den tertiären Relikten. Als Vermittler der Samenverbreitung kommen zwei Standvögel des Pinars in Betracht: der große Buntspecht und der Teydefink.

Der große Buntspecht ist der einzige Specht, der auf den Kanaren vorkommt. Er wird von Koenig als eine besondere Varietät (Dendrocopus major canariensis) aufgefaßt, die sich hauptsächlich durch die dunklere Unterseite von der europäischen Form unterscheidet. Er sucht die Stämme der Kiefern nach Insekten ab und klaubt die Samen aus den Zapfen heraus.

Der Teydefink (Fringilla teydea), von den Eingeborenen Pajaro de la Cumbre genannt, wurde erst im Jahre 1825 von Berthelot für die Wissenschaft entdeckt und von ihm als der Vogel Armidas bezeichnet. Das Männchen besitzt eine schöne mattblaue Grundfarbe, das Weibchen ist rotbraun. Beide Geschlechter haben weiße Binden auf den Flügeln. Über den Aufenthaltsort und die Lebensweise dieses seltenen und scheuen Vogels hatte man lange Zeit durchaus unrichtige Ansichten. Man hielt ihn für einen Bewohner der Ginsterregion des Piks

von Teneriffa, wo er sich von den Samen des Ginsters ernähren und sein Nest in den Ginsterbüschen anlegen sollte. Die Abbildung in der großen kanarischen Naturgeschichte von Webb und Berthelot stellt das Männchen auf einem Ginsterzweig sitzend dar. Koenig, der im Jahre 1889 eine Reise nach den kanarischen Inseln unternahm, hauptsächlich um die Lebensweise des Teydefinken zu erforschen, hat jedoch gezeigt, daß dieser Fink ein permanenter und ausschließlicher Bewohner des Pinars und wie der Buntspecht ganz auf die Kiefer angewiesen ist. Seine Nahrung besteht fast gänzlich aus den Samen der kanarischen Kiefer, und sein Schnabel, der von starken Muskelbändern umgeben und an der Basis enorm umfangreich ist, nach vorn aber spitz ausläuft, scheint wie dazu geschaffen, die Zapfen auszuklauben. Auch das Nest wird auf der Kiefer angelegt; die frühere Angabe über die Nestanlage im Ginstergebüsch beruhte auf einer Verwechslung mit dem Würger Lanius algeriensis. Bis jetzt ist der Teydefink nur aus dem Pinar des Piks von Teneriffa bekannt; Koenig hält es jedoch nicht für unmöglich, daß er auch auf La Palma vorkommt, und wenn man die großen Schwierigkeiten bedenkt, die dieser Forscher zu überwinden hatte, um den Vogel aufzuspüren, so kann man sich sehr wohl denken, daß der Fink sich auch im Pinar von La Palma findet, ohne bis jetzt dort von einem Naturforscher beobachtet worden zu sein.

Nach Durchwanderung des Pinars südlich von Villaflor gelangte ich um halb fünf Uhr nachmittags nach Fuencaliente, dem südlichsten Orte La Palmas. Da eine Fonda dort nicht existiert, so sprach ich in einer kleinen Tienda vor und bat die Besitzerin um ein Nachtquartier. Die gewissenhafte Frau antwortete mir, ein gutes Quartier könne sie mir nicht anbieten, was allerdings auch der Wahrheit entsprach, denn ich erhielt ein winziges, fensterloses Gemach, in dem vorher die Hühner gegackert hatten. Um so besser war das Essen, das mir unter fortwährenden Entschuldigungen, daß nichts Besseres da sei, vorgesetzt wurde; und eine wahre Delikatesse bildeten die schmackhaften Makronen, wegen deren Fuencaliente berühmt ist und von denen ich mir nicht genug auf die Wanderung des nächsten Tages mitnehmen konnte. Während der Mahlzeit beschnupperte ein kleines schwarzes Ferkel meine Füße.

Fuencaliente hat seinen Namen von einer heißen Quelle erhalten, die früher in seiner Nähe existierte und als heilkräftiges Bad benutzt wurde. Sie fiel jedoch den gewaltigen vulkanischen Ausbrüchen zum Opfer, die Ende 1677 und Anfang 1678 Fuencaliente heimsuchten. In einem Manuskript des Licentiaten Don Juan Pinto de Guisla in Palma, das am 17. Januar 1678 aufgesetzt ist und noch jetzt in Teneriffa aufbewahrt wird, ist der Verlauf dieser Ausbrüche und der mit ihr verbundenen Erscheinungen ausführlich beschrieben, und Leopold v. Buch hat uns danach eine lebendige Schilderung dieser letzten vulkanischen Betätigungen La Palmas gegeben.

Die ersten Zeichen des ausbrechenden Vulkans waren Erdbeben im südlichen Teil der Insel bei der heißen Fuente santa, die am 13. November 1677 begannen und bis zum 17. fortdauerten. Dann bildeten sich mit großem unterirdischen Getöse mehrere Öffnungen, aus denen sich Geruch von Schwefel und heiße Dämpfe verbreiteten, die größte auf dem Berge Los Corrales. Am selben Tage, gegen Sonnenuntergang, brachen im Verlauf einer Stunde siebzehn Öffnungen am Abhange dieses Berges aus, aus denen dicke, flüssige, glühende Massen hervordrangen, die sich vereinigten und einen gemeinsamen Feuerstrom zum Meere bildeten. Noch höher entstanden drei weitere Öffnungen, aus denen sich ebenfalls ein Lavastrom ergoß, der sich mit dem aus den anderen Öffnungen verband. Ein Arm stürzte sich über die Fuente santa und zerstörte sie für immer. Am 21. November verbreitete die große Öffnung auf dem Berge Los Corrales viel Rauch, vergrößerte sich schnell mit gewaltigem Lärm und warf Flammen und viele glühende Steine aus, so daß durch ihre Aufhäufung um den neuen Krater her der Berg sich bedeutend erhob. Später spaltete sich zwischen diesem Berg und dem Meere die Erde zu neuen Öffnungen, aus denen Lavaströme hervorstürzten, die sich mit den früheren vereinigten. Das Meer wurde dadurch weit zurückgetrieben. Die Flammen aus dem Berge hörten zuweilen auf, dann aber folgte sogleich ein dicker Rauch und ein Ausbruch von einer so ungeheuren Menge Sand, daß die ganze naheliegende Gegend damit bedeckt ward und ein großer Teil des Malpays am Meere aus einem Felsufer zu einem sandigen Strand, zu einer Playa verändert wurde. Am 18. Januar 1678 rauchte und dampfte der Berg

immer noch, und in der Gegend des neuen Vulkans wurden so pestilenzialische Dünste ausgehaucht, daß ein Mensch, viele Vögel, Kaninchen und 27 Ziegen davon erstickt wurden. Erdbeben währten abwechselnd noch fort, und Lavaströme brachen aus einigen Öffnungen hervor. Alle diese Erscheinungen endeten völlig am 21. Januar.

Der neue Vulkan, von dem hier die Rede ist, ist noch jetzt in seiner ursprünglichen Gestalt vorhanden, wenn er auch nicht mehr raucht. Ich machte am Abend meiner Ankunft in Fuencaliente einen Abstecher dorthin und kletterte über den schwarzen Grusboden bis zum Gipfel, um in die Tiefe des Kraters hinabzublicken. Es war dies für mich ein ganz neues Schauspiel, das mich sehr entzückte, denn ich hatte noch nie einen Krater gesehen. Der Vulkan, Montaña de Fuego genannt, ist etwa 700 m hoch, der Krater gegen 100 m tief. Die äußeren Schichten bestehen aus losen Lapillen und Aschenteilchen, die nur da fester zusammenhalten, wo sie durch saure Dämpfe zersetzt sind. An einzelnen Stellen sind ganze Schichten solcher Fragmente zersetzt und durch eine weiße, kristallinische Masse, wahrscheinlich Gips, verkittet. Zacken solcher weißen Massen ragen auch am oberen Kraterrand empor. Das Innere des Kraters zeigt alle möglichen Farben, die durch die zersetzende Einwirkung der heißen Dämpfe auf die Schlacken- und Tuffschichten bedingt sind. In den Spalten des Kraters findet man Schwefelkristalle, und einige Schlacken enthalten Gipskristalle; auch findet man Chrysolithkugeln, die nur wenig durch die Wirkung der Feuers verändert worden sind. In dem Krater wachsen nur ein paar Kräuter, die der Labiatengattung Micromeria angehören, und einzelne verkrüppelte Kiefern. Von seinem Rand aus hatte ich einen schönen Blick auf das Dorf, das Meer und den Leuchtturm an der Südspitze der Insel, bis gegen halb sechs Uhr sich die Landschaft in dichten Nebel einhüllte.

Als ich mich spät am Abend in meinem Hühnerstall zur Ruhe begeben wollte, wurde ich durch Guitarrespiel und Gesang im Nebenzimmer am Schlafe verhindert, und ziemlich ermüdet setzte ich am nächsten Tag meine Fußwanderung längs der Westküste der Insel bis Los Llanos fort. Die Straße führt an der Kirche San Antonio, die malerisch am Rande des Pinars gelegen ist, vorüber und dann fast zwei Stunden lang durch

schönen Kiefernwald, der von nackten oder höchstens mit grauen Strauchflechten überzogenen Lavaströmen abgelöst wird, die von der Cumbre vieja kommen und sich abwärts bis zum Meere erstrecken. Diese Ströme sind nach Reiß basaltischer Natur; die schwarze Grundmasse des porösen Gesteins erscheint ein wenig glasig und umschließt Olivin, Hornblende, Magneteisen und Augit. Vielfach sind die Laven mit einem gelblichen Überzug bedeckt, der aus verwitterter Asche besteht.

In der Nähe von Las Manchas sah ich die ersten Alpenkrähen (Fregilus graculus), von den Spaniern Grajos oder Grajas genannt, die durch ihre roten Schnäbel und Füße sehr auffallen und von Koenig mit Recht die herrlichste Staffage zu der prachtvollen Naturszenerie La Palmas genannt worden sind. La Palma ist die einzige kanarische Insel, die diesen Vogel besitzt; nach Teneriffa gebrachte und dort in Freiheit gesetzte Exemplare starben in kurzer Zeit. Der Grund dieser eigenartigen Isolierung ist unbekannt, doch steht sie nicht vereinzelt da, indem z. B. die Steinhühner, die von Gomera nach La Palma gebracht wurden, hier bald eingingen. Die Alpenkrähen bewohnen auf La Palma in zahlreichen Schwärmen sowohl die heißen Täler des Litorals wie die hohe, im Winter mit Schnee bedeckte Cumbre. Sie lassen während ihres leichten, zierlich schwebenden Fluges fortwährend ihren Lockton, ein schrilles Pfeifen, hören. Die Nester werden in schwer zu ersteigendem Felsgeklüft oder in Grotten angelegt, wo die Vögel gesellschaftlich brüten. In ihrer Nahrung sind sie keineswegs wählerisch, doch werden nach Koenigs Magensektionen Grillen und Heuschrecken anscheinend bevorzugt. Bolle nennt die Alpenkrähe der Kanaren einen scheuen und flüchtigen Vogel, der sich schwer beschleichen läßt, was zu verwundern ist, da sie nur wenig verfolgt wird, indem ihr Fleisch ein höchst mittelmäßiges Wildpret darstellt. Andererseits ist sie aber leicht zu zähmen, und Bolle erzählt von einem Pfarrer auf La Palma, der eine junge Alpenkrähe besaß, die ihren Herrn in vollem Fluge auf meilenweiten Ritten begleitete, einmal sogar auf einer Reise nach dem entgegengesetzten Ende der Insel, ohne sich ihren wilden Brüdern anzuschließen. Derselbe Forscher sah in einem Hause in Las Palmas eine zahme Alpenkrähe, die frei umherlief, die Personen, die sie fütterten, aufs genaueste kannte, mit den Hunden aus

einer Schüssel fraß und genau die Stunde des Frühstücks und Mittagessens der Familie wußte.

Von Las Manchas aus übersah ich das weite, lachende Gefilde des Ariadnetals mit seinen zahlreichen Ortschaften. Im Hintergrund wird es durch den gewaltigen, steil abfallenden Höhenzug El Time, der sich bis zum Meere erstreckt, abgegrenzt. In der Nähe der Küste erheben sich aus dem Gefilde mehrere kleine, ziemlich kahle vulkanische Hügel jüngeren Ursprungs.



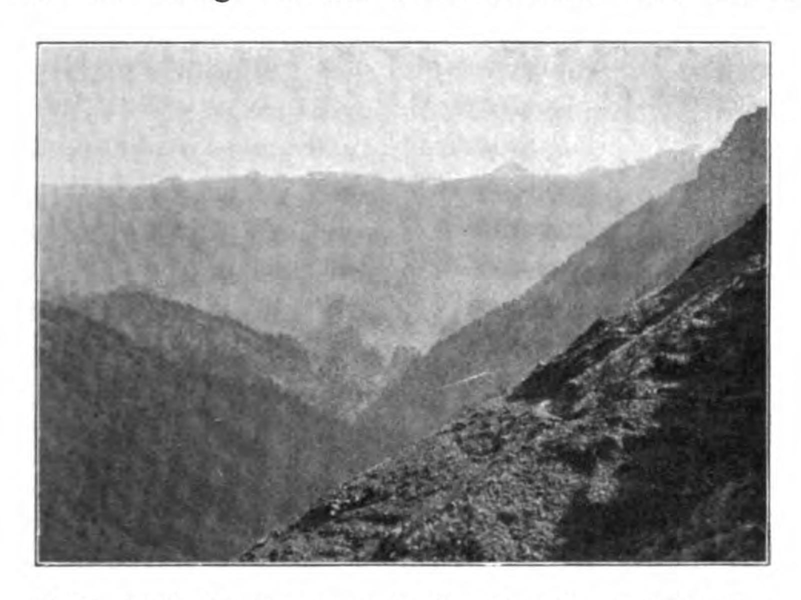
Die Caldera von La Palma: Blick auf die Cumbrecita von oberhalb Taburiente

Die Straße hört bei Las Manchas plötzlich auf, und ich gelangte von dort auf einem sehr schlechten, steinigen Maultierpfad zwischen Feldern und Gärten nach Los Llanos, einem hübschen, reinlichen Ort mit netten Häusern und Straßen und einer zwar kleinen, aber sehr soliden Fonda, in der ein uraltes Ehepaar die Wirtschaft führte. Hier übernachtete ich, um am nächsten Tage die Caldera zu besuchen.

Was der Pico de Teyde für Teneriffa, das ist die Caldera de Taburiente für La Palma. Man hat dieses Kesseltal nicht unzutreffend als einen umgekehrten Pik bezeichnet, und bei den Bewohnern der Insel ist die Meinung verbreitet, der Pik von Teneriffa sei aus der Caldera La Palmas herausgeschleudert worden. Der Geologe Gagel wurde während seines Aufenthalts auf La Palma von fast jedem, den er dort kennen lernte, vom

reichen, gebildeten Großgrundbesitzer an bis zum ärmsten Ziegenhirten gefragt, ob dieser Glaube auf Tatsachen beruhe.

Der Bergkranz, der die Caldera umgibt, hat eine Höhe von rund 2000 m über dem Meeresspiegel und erhebt sich in dem Roque de los Muchachos zu mehr als 2400 m. Der Grund des Kessels liegt nur gegen 600 m über dem Meere, so daß die größte Tiefe der Caldera 1800 m beträgt, ein vulkanischer Aufschluß wie er einzig auf der Erde dasteht. Der Umfang des



Blick durch den Barranco de las Angustias auf die Ostwand der Caldera

Kessels ist von elliptischer Gestalt, seine größte Länge in der Richtung von Osten nach Westen beträgt 7, seine größte Breite in der Richtung von Norden nach Süden 5 km. Die Umwallungsmauer ist im Norden, Osten und Westen vollständig geschlossen, besitzt dagegen im Süden zwei Unterbrechungen. Die eine wird durch eine tiefe Einbuchtung in der südöstlichen Ecke, die sogenannte Cumbrecita dargestellt, die 1300 m über dem Meere liegt, die andere im Südwesten durch die Einmündung des Barranco de las Angustias, einer gewaltigen, 500 — 1500 m tiefen Schlucht, die die Gewässer der Caldera dem Meere zuführt. Es sind dies die beiden einzigen Stellen, an denen man in den Talkessel gelangen kann, an allen anderen ist er vollständig unzugänglich.

Schon Leopold v. Buch, der erste geologische Erforscher La Palmas, hat im Jahre 1825 darauf hingewiesen, daß in den

Wänden der Caldera und des Barranco de las Angustias zwei Formationen von verschiedener petrographischer Beschaffenheit und verschiedenem geologischem Alter entblößt sind. In den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts verbreitete sich dann Lyell ausführlicher über diese Formationen und betonte besonders, daß sie schon an der Verschiedenheit der Gehänge und der Vegetation zu erkennen sind. Die obere Formation zeigt gegen 1000 m hohe, sehr steile, fast senkrechte Abstürze und entbehrt des Pflanzenwuchses fast völlig, während die untere, etwa ebenso hohe, geneigte Böschungen bildet und mit schönem Kiefernwald bedeckt ist. Weder Lyell noch Buch gaben jedoch genaue Beschreibungen der die beiden Formationen zusammensetzenden Gesteine; dies tat erst Reiß im Jahre 1861. Nach ihm besteht die obere Formation hauptsächlich aus roten und braunen, basaltischen Tuffen und Schlackenmassen, die untere aus teegrünen und hellgelben Gesteinen, die wesentlich der Diabasfamilie angehören. Reiß bezeichnete die obere Formation als die Laven-, die untere als die Diabasformation. Seine Ergebnisse wurden durch die neuesten Forschungen Curt Gagels (1907) in allen wesentlichen Punkten bestätigt.

Die Diabasformation besitzt auf den Kanaren wie auf den atlantischen Inseln überhaupt eine weite Verbreitung und wird als das Grundgebirge betrachtet, auf dem diese Inseln aufgebaut sind. Da Versteinerungen bis jetzt nicht in ihr aufgefunden wurden, so läßt sich ihr geologisches Alter nicht mit Sicherheit bestimmen, und nur nach Analogie mit den europäischen Diabasen hat man sie als paläozoisch angesprochen, doch kann sie auch mesozoisch sein. Jedenfalls war das Diabasgebirge sehr lange Zeit der Erosion durch das Meer und die atmosphärischen Niederschläge ausgesetzt, wie die obere Grenze der Diabasformation erkennen läßt, an der die Gesteine in tuffartige und erdige Massen umgewandelt sind.

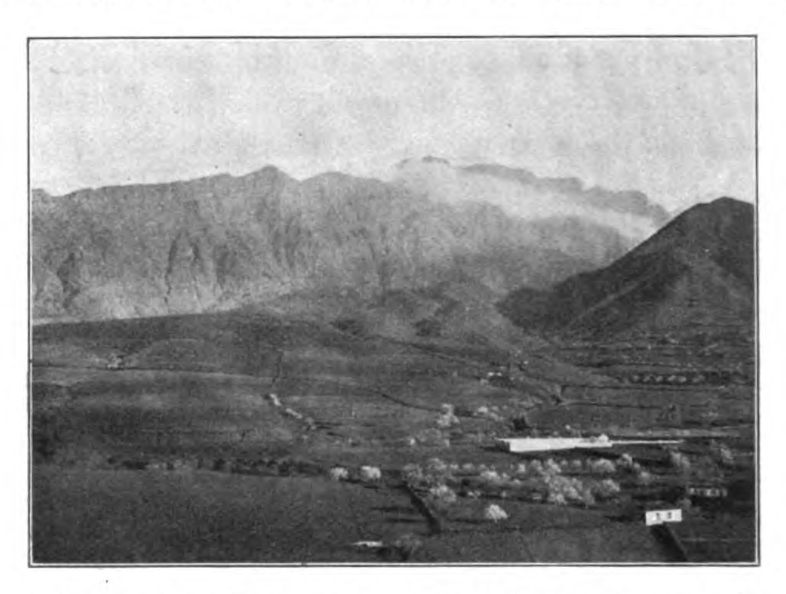
In der Lavenformation hat man Versteinerungen auf Madeira, Porto Santo und Gran Canaria gefunden und daraus geschlossen, daß die Aufschüttung des Deckgebirges im Obermiocän begann. Gagel hält es jedoch nach dem Betrag der Erosion für wahrscheinlich, daß das Deckgebirge viel älter, nämlich wenigstens früh oligocän oder gar eocän ist. In jedem Fall aber ist zwischen der Bildung des Grundgebirges und seiner Überlagerung durch das Deckgebirge ein sehr bedeutender geologischer Zeitraum ver-

strichen, und Lyells Ergebnis besteht noch durchaus zu Recht, daß auf La Palma in demselben Gebiet zu zwei weit auseinander liegenden Perioden sehr heftige vulkanische Eruptionen stattgefunden haben. Neuerdings hat Gagel nachzuweisen versucht, daß die vulkanischen Gesteine der beiden Perioden nicht nur an demselben Ort gebildet wurden, sondern auch aus demselben ursprünglichen Magma stammen.

Über die Entstehung der Caldera-Einsenkung sind im Laufe der Zeit sehr verschiedene und teilweise einander widersprechende Theorien von den Geologen aufgestellt worden. Leopold von Buch betrachtete in seiner berühmten »Physikalischen Beschreibung der kanarischen Inseln« (1825) die Caldera als den Typus eines Erhebungskraters. »Was ist die Caldera anders«, ruft er aus, »als die gewaltige Esse, der Erhebungskrater, durch welche das entwichen ist, was die ganze Insel aus dem Grunde der See über die Oberfläche erhoben hat!« Die Bestandteile des Calderagebirges waren nach Buch ursprünglich horizontal unter dem Meeresspiegel ausgebreitet und wurden später durch unterirdische Gase als Masse plötzlich in die Höhe gehoben. Es entstand eine blasenförmige Auftreibung der Erdrinde, die schließlich an der höchsten Stelle von den Gasen durchbrochen wurde und in ihren oberen Teilen einstürzte, während die unteren als Umwallungsmauer des Erhebungs- oder Einsturzkraters stehen blieben.

Diese Theorie Buchs mußte später von den Geologen vollständig aufgegeben werden, so bedeutungsvoll und anregend sie zu ihrer Zeit auch war. Lyell machte ihr gegenüber geltend, daß so gewaltige vulkanische Massen nicht gehoben werden konnten, ohne auf allen Seiten Risse und Spalten zu erhalten, während doch der Bergkranz der Caldera auf drei Seiten vollständig geschlossen ist. Ferner konnten nach seiner Ansicht so bedeutende Massen auf einem beschränkten Raum nicht austreten, ohne sich zu einem Berg aufzutürmen. Lyell nimmt daher an, daß das Calderagebirge von Anfang an einen durch Aufschüttung entstandenen Vulkankegel darstellte und die Caldera selbst der Eruptionskrater dieses Kegels war, der dann durch den Einsturz der oberen Teile des Berges und ganz besonders durch Erosion erweitert wurde. Lyell wirft dabei die Frage auf, ob die Auswaschung der Caldera durch die Tätigkeit des Meeres oder der fließenden Gewässer erfolgte. Er hält es nicht für unmöglich,

daß die Regenwasser, vielleicht in Verbindung mit Erdbeben, im Laufe langer Zeiträume einen so ungeheuren Kessel wie die Caldera aushöhlen konnten, wenn auch wahrscheinlich nicht von derselben Form. Aber gewisse Eigentümlichkeiten der Caldera und des Barranco de las Angustias scheinen ihm besser durch die Annahme einer marinen Erosion erklärt werden zu können. Namentlich weist er darauf hin, daß das Nordufer des Barranco viel höher ist, als das Südufer und von einer steilen Felswand



Blick über die Ebene von Los Llanos in den Barranco de las Angustias

gebildet wird, die wohl eine alte Seeklippe darstellen dürfte. Ein Fluß würde auf beiden Seiten gleichhohe Ufer erzeugt haben. Der englische Geologe vermutet, daß das Meer sowohl durch die Cumbrecita als durch den Barranco de las Angustias in die Caldera eindrang und diese in ähnlicher Weise erfüllte wie jetzt noch den Krater der St. Paulsinsel im indischen Ozean.

Ein bedeutungsvoller Fortschritt in bezug auf die Lösung des Calderaproblems wurde im Jahre 1861 durch die Schrift von Reiß über die Diabas- und Lavenformation der Insel Palma herbeigeführt. Ihr Verfasser verwirft nicht nur die Erhebungskratertheorie Buchs, sondern auch die Ansicht Lyells, daß die Caldera ursprünglich den Eruptionskrater eines vulkanischen Kegels darstellte, der durch Einsturz und Erosion erweitert wurde. Nach Reiß muß das Calderagebirge ursprünglich ein Gebirgsdom mit

einem plateauartigen Rücken gewesen sein, der im wesentlichen fertig aufgebaut war, ehe die Bildung der Caldera begann. Diese erfolgte durch die erosive Kraft der fließenden Gewässer, die auf den Kanaren sehr beträchtlich ist infolge des starken Gefälles der auf beschränktem Raum aus bedeutender Höhe herabkommenden Bäche. Auf dem Calderadom entsprangen wahrscheinlich zwei Bäche, die über die äußeren Abhänge flossen und sich über die Uferklippen in das Meer stürzten. Der eine erzeugte den Barranco de las Angustias, der andere das Cumbrecitatal. Als die Erosion bis zu den höheren Teilen der Insel, die hauptsächlich aus Schlackenmassen bestehen, fortgeschritten war, konnten sich auch die an den Seiten der Täler herabfließenden Regenwasser in das lockere Gestein einschneiden, so daß an dem oberen Ende einer jeden der beiden Schluchten mehrere kleinere Täler entstanden, die durch niedrige Rücken voneinander getrennt waren. Diese Rücken wurden später durch die von beiden Seiten wirkende Erosion vollständig zerstört und so zwei kesselförmige Erweiterungen erzeugt, die schließlich durch Zerstörung ihrer Scheidewand zu einer einzigen verschmolzen. Der Bach des Cumbrecitatales wurde durch spätere Lavaergüsse und Auswürflinge verhindert, sich tiefer als bis zur oberen Grenze der Diabasregion einzuschneiden, während der Bach des Barranco de las Angustias auch die Diabasformation durchfurchte. So mußten die Gewässer der Caldera alle durch den Barranco abfließen.

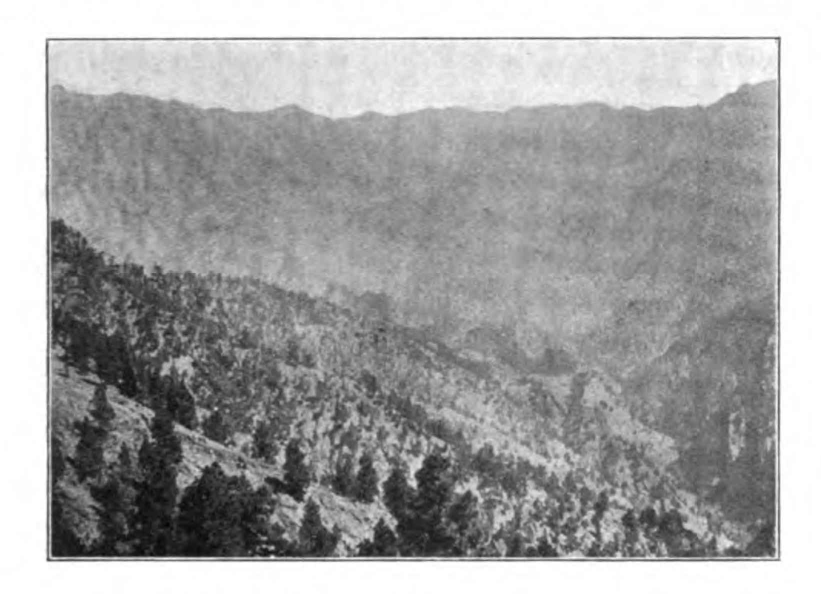
Ziemlich gleichzeitig mit Reiß (1862) stellte Hartung im wesentlichen dieselbe Theorie über die Bildung der Caldera auf, und einige Jahre später erbrachte v. Fritsch neue Tatsachen zu ihren Gunsten. Er zeigte, daß die Hundertfadenlinie, die sonst sehr regelmäßig dicht an der Küste verläuft, vor der Mündung des Barranco de las Augustias eine starke Ausbuchtung nach Westen macht, infolge der hier abgelagerten Geröllmassen, die nur aus der Caldera stammen können. Derselbe Forscher lieferte aber auch Beweise dafür, daß das Meer ebenfalls an der Gestaltung der jetzigen Verhältnisse mitgewirkt hat und Lyells Theorie bis zu einem gewissen Grade richtig war. Er fand nämlich in den Schottermassen des Barranco de las Angustias fossile Korallen und Balaniden in einer Höhe von 200—250 m über dem Meeresspiegel und schloß daraus, daß die Konglomerate, die in dem Barranco anstehen, in eine alte Meeresbucht abgelagert wurden.

Die steile Felswand des Barranco-Nordufers dürfte daher von Lyell richtig als alte Seeklippe gedeutet worden sein.

Die Erosionstheorie erfreut sich wohl heute bei den Geologen ziemlich allgemeiner Anerkennung. Im Jahre 1906 wurde freilich von W. v. Knebel der Versuch gemacht, sie stark einzuschränken und die alte Buchsche Theorie bis zu einem gewissen Grade zu erneuern. Nach Knebel haben zwei Kräfte bei der Bildung der Caldera zusammengewirkt, der Vulkanismus und das Wasser. Ein lakkolithartiger Pfropfen, der möglicherweise durch die tertiären Diabase des Grundgebirges gebildet wurde, trieb die Schichten blasenförmig auf, zertrümmerte sie und bereitete sie so für die Abtragung durch die Erosion vor. Gagel hat jedoch durch seine neuesten gründlichen Untersuchungen gezeigt, daß alle Tatsachen auf das Bestimmteste gegen diese Theorie wie überhaupt gegen die Erklärung der Caldera als eines gewaltigen Eruptionsschlotes oder Einsturzkraters sprechen und auf die Arbeit der fluviatilen Erosion hinweisen. Nur die Cumbrecita ist seiner Ansicht nach kein reines Erosionstal, sondern zum Teil eine ursprüngliche, durch ungleichmäßige Aufschüttung der vulkanischen Massen entstandene Lücke, die später allerdings durch Erosion erweitert wurde.

Am Freitag, den 13. März, brach ich von der Fonda des Don Tomas zum Besuch der Caldera auf. Ich erfrischte mich zunächst durch ein Glas prachtvoller Ziegenmilch, die mir von dem Jungen, der allmorgendlich seine Ziegenherde unter Schellengeläute von Haus zu Haus führt, frisch gemolken wurde. Sodann bestieg ich das Maultier und ritt in Begleitung des Arriero, der ebenfalls beritten war, am Kirchhof des Ortes vorbei durch den engen Barranco de los Barros und über eine mit Feldern bedeckte Fläche bis zum Rand des Barranco de las Angustias. Alle Barrancos Gomeras sind nichts gegenüber dieser ungeheuren Talschlucht, in deren schauerliche Tiefe ich jetzt hinabsah. Der Abstieg war so steil, daß der Führer mich absitzen ließ. Erst auf der mit Steinen und großen Blöcken bedeckten Sohle des Barranco schwang ich mich wieder auf mein Reittier. Wir legten eine Strecke auf dem Boden des Barranco zurück, überschritten den Bach und ritten dann auf der anderen Seite durch Kiefernwald aufwärts. Gegen zehn Uhr erreichten wir Lomo alto, einen etwa 1000 m hoch gelegenen Aussichtspunkt, wo sich plötzlich

der Blick in die Caldera öffnet. Wir machten kurze Rast, um das grandiose Landschaftsbild zu genießen, und ritten dann auf einem Pfad, der durch die massenhaft den Boden bedeckenden Kiefernadeln sehr schlüpfrig war, abwärts bis zu dem kleinen Gehöft Tenere. Hier sah ich Felder und blühende Kräuter, unter letzteren besonders Echium plantagineum und die stark duftende Parfümpflanze Pelargonium capitatum, die aus Südafrika eingeführt wurde. Der kurze Aufenthalt in der Caldera ließ mir leider



Blick in die Caldera vom Lomo alto aus

keine Zeit zum Sammeln, und die einzigen Pflanzen, die ich außer den beiden genannten als Andenken von dort mit nach Hause nahm, waren ein Adlerfarn (Pteris aquilina) und eine Brunnenkresse (Nasturtium officinale), die ich am Ufer eines Baches pflückte. In Tenere werden Ziegen und Kühe gehalten, und ich konnte mich wieder an einem Glas Ziegenmilch erquicken, während der Arriero seinen Wein aus dem Spundloch seines Maulbeerholztönnchens schlürfte. Inzwischen hatte sich ein Teil der Calderazinnen in Nebel gehüllt, der allmählich den ganzen Kessel erfüllte. Wir waren also gerade noch zur rechten Zeit gekommen, um des Anblicks eines der großartigsten Landschaftsbilder nicht verlustig zu gehen und konnten daher befriedigt unseren Rückweg nach Los Llanos antreten, das wir um vier Uhr nachmittags wieder erreichten.

Der dritte Tag meines Aufenthalts in Los Llanos war einem Spaziergang nach der Ortschaft Argual gewidmet, wo ich die ausgedehnten Wasserleitungsanlagen und einen großen Garten mit prachtvollen Eukalyptusbäumen besichtigte. Dicht bei dem Orte, der einen großen Kirchplatz und Dorfteich besitzt, erhebt sich die Montaña de Redonda, ein kleiner vulkanischer Hügel, der eine sehr lohnende Aussicht auf das Ariadnetal, die Felswand El Time, den Barranco de las Angustias, die Bergzinnen über der Caldera, die Cumbre vieja und das Meer gewährt. Der Boden der Montaña ist mit Lapilli und vulkanischen Schlacken bedeckt. Von Pflanzen bemerkte ich Kakteen und Gräser, und unter einem Stein des Gipfels fand ich alte Bekannte von Gomera: Jugendformen von Lacerta galloti und die großen Schwarzkäfer Pimelia costipennis und Hegeter tristis. Auf der Rückkehr nach Los Llanos rastete ich auf einer Bank unter den Lorbeerbäumen und Akazien, die den Platz vor der Kirche am westlichen Ende des Dorfes schmücken.

Am folgenden Tage verließ ich Los Llanos und ritt über den 1415 m hohen Paß der Cumbre nueva nach Santa Cruz zurück. Wir brachen um $^1/_2$ 7 Uhr auf, und unser Weg führte uns zunächst durch die Gärten und Felder von El Paso, dem höchst gelegenen Orte des Ariadnetales. Oberhalb dieses Dorfes beginnt der Pinar, der den Westabhang der Cumbre bedeckt, und an seinem Rande steht die Kiefer Pino de la Virgen oder Pino santo, die 7 $^1/_2$ m im Umfang mißt und mit einem wundertätigen Marienbild verziert ist. Schon in den ersten, über 150 Jahre alten naturwissenschaftlichen Beschreibungen La Palmas wird sie als heilige Kiefer angeführt.

Nach zweistündigem Ritt durch den Kiefernwald erreichten wir die Höhe der Cumbre, wo wir uns in einer kleinen Tienda etwas erfrischten. Der unvergleichliche Blick nach beiden Seiten, den man von hier aus bei klarem Wetter genießen soll, ging uns vollständig verloren, da alles in undurchdringlichen Nebel eingehüllt war, wie denn überhaupt der ganze Ritt im Regen erfolgte. Beim Abstieg auf der Ostseite der Cumbre kamen wir durch Heide- und Lorbeerwald, der mir ganz plötzlich auf der Höhe des Passes den Pinar der Westseite zu ersetzen schien, während nach Berthelot der Ericabuschwald auf dem Sattel der Cumbre nueva von der Ostseite her etwa 300 m auf den West-

abhang hinübergreift, wo er dann in den Pinar übergeht, eine Vermischung beider Formationen, die dadurch bedingt ist, daß die Passatwolken über den niederen Sattel hinüberwandern können, ehe sie sich auflösen. Sonst dagegen überschreiten sie die hohe Cumbre nicht, und so wirkt diese als Klimascheide.

Im Lorbeerwald von La Palma herrscht der Tilbaum (Oreodaphne foetens) vor, der seine nächsten Verwandten im Regenwald des Kaplandes besitzt. In seiner Krone lebt die Lorbeertaube (Columba bollei) La Palmas, die artlich möglicherweise von den nahe verwandten Formen auf Teneriffa (C. laurivora) und Madeira (C. trocaz) verschieden ist. Die Lorbeertauben haben etwa die Größe unserer Ringeltauben, sind an die dichten und schattigen Lorbeerwaldungen der atlantischen Inseln gebunden und ernähren sich von den Beeren der Lorbeerbäume. In früheren Zeiten sollen sie sehr zahme Vögel gewesen sein. Im Beginn der Kolonisation Madeiras konnte man sie mit Schlingen von den Zweigen der Bäume herabziehen, ohne daß die daneben sitzenden die Flucht ergriffen. »Sie wußten nicht, was für eine Kreatur der Mensch sei«, sagt der venetianische Entdecker Cadamosto. Später scheinen sie es aber gelernt zu haben, denn jetzt verbergen sie sich scheu in den höchsten Gipfeln der tausendjährigen Lorbeerlinden.

Ein zweiter Vogel des Lorbeerwaldes von La Palma ist der Tintillonfink (Fringilla coerulescens), der auf den ersten Blick einige Ähnlichkeit mit unserem Buchfinken hat. Auf Teneriffa kommt eine nahe verwandte Form (F. canariensis) in den Kastanienwäldern, seltener in den Lorbeerwäldern und ganz ausnahmsweise im Pinienwald vor. Auch Madeira besitzt seinen Tintillonfinken, der sich hauptsächlich in den Nadelwäldern aufhält und von König als eine Varietät der Spezies von Teneriffa aufgefaßt wird.

Nachdem der Lorbeerwald mit seinen Tauben und Finken passiert war, gelangte ich durch schöne Kastanienhaine und die Region der Orangen, Feigen, Bananen und Palmen nach Santa Cruz de la Palma zurück.

In der darauffolgenden Nacht schiffte ich mich mit meiner Schwester nach Santa Cruz de Tenerife ein. Die See war uns nicht günstig und warf das kleine Fahrzeug wie eine Nußschale hin und her, so daß ich mich nicht auf Deck halten konnte und in die überfüllte Kabine hinabkriechen mußte, um in horizontaler

Lage wenigstens einige Linderung der schrecklichsten Seekrankheit zu finden. Den ganzen nächsten Tag fühlte ich meinen Leib noch wie eine einzige, große, schmerzende Wunde.

Die Zeit bis zum Abgang des Dampfers nach Hamburg wollte ich noch benutzen, um im Fluge die schönsten und berühmtesten Teile Teneriffas kennen zu lernen: Orotava, La Laguna und den Mercedeswald. Die elektrische Bahn brachte mich zunächst über La Laguna nach Tacoronte. Die Fahrt bietet in ihrem ersten Teil schöne Blicke auf Santa Cruz und das Meer. Bei Tacoronte beginnt jene kanarische Landschaft, die durch Humboldts Schilderung Weltberühmtheit erlangt hat. »Wenn man ins Tal von Tacoronte hinabkommt«, schreibt der große Forscher, »betritt man das herrliche Land, von dem die Reisenden aller Nationen mit Begeisterung sprechen. Ich habe im heißen Erdgürtel Landschaften gesehen, wo die Natur großartiger ist, reicher in der Entwicklung organischer Formen; aber nachdem ich die Ufer des Orinoko, die Kordilleren von Peru und die schönen Täler von Mexiko durchwandert, muß ich gestehen, nirgends ein so mannigfaltiges, so anziehendes, durch die Verteilung von Grün und Felsmassen so harmonisches Gemälde vor mir gehabt zu haben.« Humboldt gibt dann eine landschaftliche Charakteristik der Gegend zwischen Tacoronte und Orotava, die seitdem von unzähligen Reisenden von neuem versucht worden ist, so daß ich hier gern auf sie verzichte und mich auf den äußeren Verlauf meiner Wanderung und einige persönliche Eindrücke, die ich gewann, beschränke.

Ich ging von Tacoronte auf der Landstraße über die Dörfer Matanza, Viktoria und Santa Ursula nach Orotava, immer im Anblick des tiefblauen Meeres und der weißschäumenden Brandung, die die zerfressenen Lavafelsen bespült. Bei einer Biegung der Landstraße, der sogenannten Humboldtecke, öffnet sich der Blick auf das breite, muldenartige Valle de Taoro, das vom Strand anfangs sanft bis Villa Orotava und dann steiler bis zu der 200 m hohen Cumbre ansteigt. Nach Westen zu wird das Gefilde von dem mächtigen, aus aufgeschütteten Laven bestehenden Felsrücken der Ladera de Tigayga abgeschlossen, der vom Pik zum Meere hinabsteigt und das nördliche Teneriffa in zwei, nicht sehr ungleiche Hälften teilt. Die Schönheit des landschaftlichen Eindrucks wurde mir durch das herrschende Regenwetter etwas beeinträch-



Villa Orotava, Teneriffa

tigt, noch mehr aber durch das Verhalten der Landstraßenbevölkerung. Gerade an der Humboldtecke begegnete mir eine große Ziegenherde mit zwei Hirten, von denen der eine mir seinen Hut bettelnd dicht unter die Nase hielt, und als ich nichts gab, wetterten und fluchten die beiden Kerle hinter mir her, daß es eine Art hatte. Von jetzt ab wurde ich auf Schritt und Tritt angebettelt, von Kindern und Erwachsenen ausgelacht und verhöhnt und wußte mir schließlich nicht anders zu helfen, als daß ich dem Gesindel in das Gesicht spie. So etwas schienen sie noch nicht erlebt zu haben, denn es wirkte gründlich. Wenn der gute Humboldt diese Zustände gekannt hätte, so würde er nicht geschrieben haben, daß kein Fleck auf der Erde geeigneter sei, einem schmerzlich ergriffenen Gemüt den Frieden wiederzugeben. Wer noch nicht an Verfolgungswahn leidet, der kann ihn sich hier holen. Eine ungastlichere Bevölkerung als die von Orotava habe ich noch nicht kennen gelernt.

Nach vierstündiger Wanderung kam ich um die Mittagszeit in Villa Orotava an, wo ich mich einzulogieren gedachte. Ich fand jedoch in dem mir empfohlenen Viktoria-Hotel keine Unterkunft mehr und stieg daher auf der mit Eukalyptusbäumen bestandenen Landstraße nach Puerto Orotava hinab, wo ich in dem kleinen Hotel Marquesa sehr gut empfangen und verpflegt wurde. Der übrige Teil des Tages war zwei interessanten Spaziergängen gewidmet. Ich ging zunächst an die Mole, wo ich die ungeheure Brandung beobachtete, und wanderte dann am Strand entlang nach Westen zum Tempel von San Telmo und den Resten eines alten Forts. Einen zweiten Spaziergang unternahm ich in östlicher Richtung durch eine Palmenallee nach den steilen Klippen von La Paz, wo sich mächtige Höhlen befinden, und zur Martianezquelle.

Am nächsten Tag wollte ich den berühmten botanischen Garten besuchen, der Gewächse aus allen Zonen enthält und von dem Christ eine so begeisterte Schilderung entworfen hat, fand ihn aber des katholischen Feiertags wegen geschlossen. Ich durchstreifte daher die Villa mit ihren steilen Straßen, alten Kirchen und hübschen Plätzen und machte am Nachmittag einen Strandspaziergang in westlicher Richtung, auf dem ich mächtige Sträucher der kanarischen Wolfsmilch bewunderte.

Als ich am folgenden Morgen meinen Rückweg nach La Laguna antrat, war der Himmel heiter, und ich sah die schnee-

bedeckte Spitze des Piks die Landschaft von Orotava krönen. Doch läßt sich der Anblick, den der Bergkoloß hier darbietet, an Großartigkeit nicht entfernt mit dem von Gomera aus vergleichen. Ich begab mich sodann in den botanischen Garten, war aber, wie es so oft mit Sehenswürdigkeiten geht, die von allen Reisenden besucht und gerühmt werden, etwas enttäuscht. Ich habe in Deutschland botanische Gärten gesehen, die landschaftlich viel schöner angelegt sind; und wissenschaftlich konnte ich auch nicht viel gewinnen, da fast keine Pflanze bezeichnet und kein Vaterland angegeben war. Der Garten befindet sich entschieden im Stadium des Verfalls, und man vermißt überall die liebevoll pflegende Hand. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß er nicht einzelne herrliche Bäume und Baumgruppen enthält. Die Riesenexemplare von Gummibäumen (Ficus elastica und Ficus desalbata) zum Beispiel werden jeden Naturfreund in helles Entzücken versetzen und allein einen Besuch des Gartens lohnen.

Ich wanderte darauf nach Tacoronte zurück, um dort die Bahn nach La Laguna zu besteigen, und genoß nochmals von der Humboldtecke aus den Anblick der lieblichen Landschaft, diesmal in günstigerer Beleuchtung als bei meiner Ankunft, obgleich der Pik sich schon wieder hinter Wolken verborgen hatte. In La Laguna fand ich im Hotel Tenerife gute Unterkunft. Als ich im Drawing Room die auf den Tischen umherliegenden Bücher musterte, fiel mir eine in Barcelona verlegte »Geografia para niños« (Geographie für Kinder) von Esteban Paluzie y Cantalozella in die Hände, ein kleines Büchlein, das Geographiebuch, Bilderbuch und Atlas zugleich war und mich so befriedigte, daß ich es mir später in Santa Cruz kaufte. Deutschland und die Deutschen werden darin in folgenden schmeichelhaften Worten charakterisiert: »Alemania es la nación más ilustrada del mundo y la potencia militar terrestre más temible. Los alemanes son laboriosos é inteligentes en sumo grado, sobresalen en todos los ramos del saber humano.« (Deutschland ist die berühmteste Nation der Erde und die gefürchtetste Landkriegsmacht. Die Deutschen sind im höchsten Grade arbeitsam und intelligent, überlegen in allen Zweigen des menschlichen Wissens.)

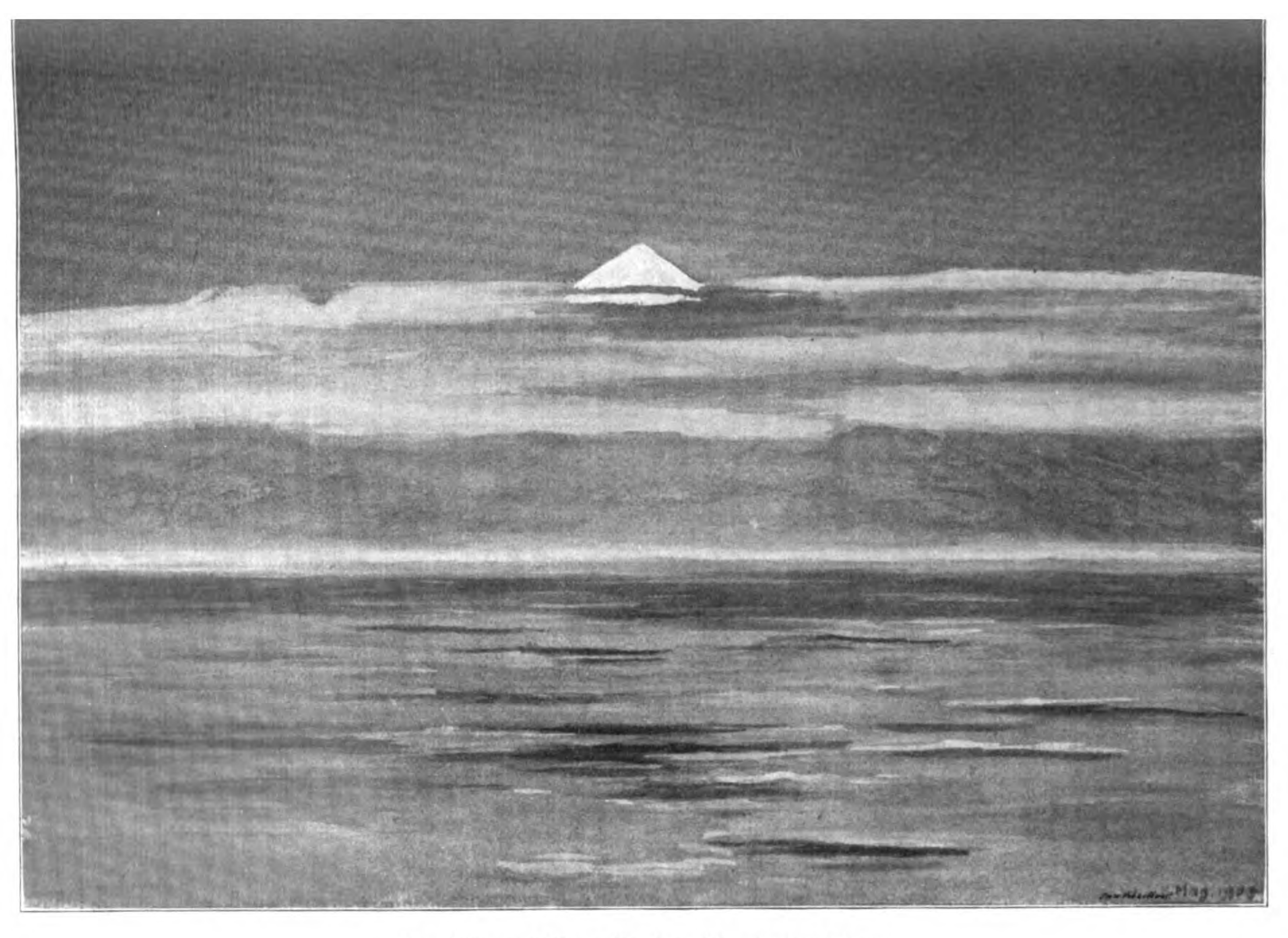
Ich blieb einen Tag in La Laguna, um diese frühere Universitätsstadt kennen zu lernen und den Mercedeswald zu besuchen. Die Stadt macht mit ihren Kirchen, dem Bischofspalast

und dem Institut einen recht altertümlichen Eindruck, auch hat sie schöne pflanzengeschmückte Plätze. Ich besichtigte die verschiedenen Räume des Instituts: den Bibliotheks-, Zeichen- und Physiksaal, das Naturalienkabinett, einen Saal mit Gemälden und ein Zimmer mit Gobelins. Die Bibliothek machte einen guten Eindruck, das Naturalienkabinett dagegen stand noch unter dem Museum auf La Palma. Die zoologischen Gegenstände waren im Zustand der Auflösung, und die geologische Sammlung bestand aus mehreren Reihen von nicht etikettierten Steinen, die eben von der Straße aufgelesen und willkürlich nebeneinander gelegt zu sein schienen. Das Schönste, was mir das Institut bot, war der Hof mit seinen alten, früchtetragenden Orangenbäumen. Ich besuchte auch mehrere Kirchen und den Garten der Iglesia de Santo Domingo, wo der mächtige, oft beschriebene und abgebildete Drachenbaum steht, der wahrscheinlich aus mehreren Bäumen zusammengewachsen ist.

Nicht weniger berühmt als dieser Drachenbaum ist der Mercedeswald, den man von La Laguna aus in etwa einer Stunde erreicht. Er stellt neben dem Wald von Agua Garcia bei Tacoronte den letzten Rest der Lorbeer- und Ericawälder dar, die früher in viel größerer Ausdehnung Teneriffa bedeckten. Zahlreiche Botaniker haben diesen Wald besucht und begeistert geschildert, und er verdient gewiß das Lob, das ihm gespendet worden ist, wenn er sich auch mit den endlosen Urwäldern Gomeras nicht vergleichen läßt. Von La Laguna aus führt eine Chaussee nach dem Orte Las Mercedes und von dort ein Pfad nach der Casa del Agua, einer engen, feuchten, üppig bewachsenen Schlucht im Walde. Ich kletterte hier einen sehr steilen und glitschigen Pfad hinauf und gelangte zur Ermita de Santa Maria, einer Kapelle und Schutzhütte, die auf einsamer Höhe im Walde liegen. Eine Strecke weit verfolgte ich dann noch den Weg nach Afur und warf einen Blick in die wilden Täler der Anagakette, die beiderseits vom blauen Meere umspült werden. Als ich eine kleine Anhöhe erstiegen hatte, um eine freiere Aussicht zu haben, sah ich vor mir dunkelgrünen Heidewald, in der Tiefe die weite Ebene von La Laguna, hinter ihr ein grünes, sanft ansteigendes Gefilde und noch weiter im Hintergrund blauschwarze Berge, die den Fuß des Piks umsäumten. Zur Linken erblickte ich tief unter mir das hell beleuchtete Santa Cruz mit seiner

Mole und seinen Schiffen und zur Rechten, jenseits eines sonnenglänzenden Meeres, in dunstiger Ferne das von der Tigaigakette abgeschlossene Tal von Orotava. Nur der Pik verhüllte neidisch sein Haupt, als ich aber abwärts stieg, wurde zweimal seine Spitze hinter den vorüberziehenden Wolken sichtbar, und ich warf einen letzten Blick auf den Bergriesen, den ich von Gomera aus so oft unter den wechselndsten Beleuchtungsverhältnissen bewundert hatte, bald in seiner ganzen Mächtigkeit vom tiefblauen Himmel sich abhebend, bald als weiße Insel über eine Wolkenbank emporragend, bald in der Abenddämmerung in glühendem Rot erstrahlend.

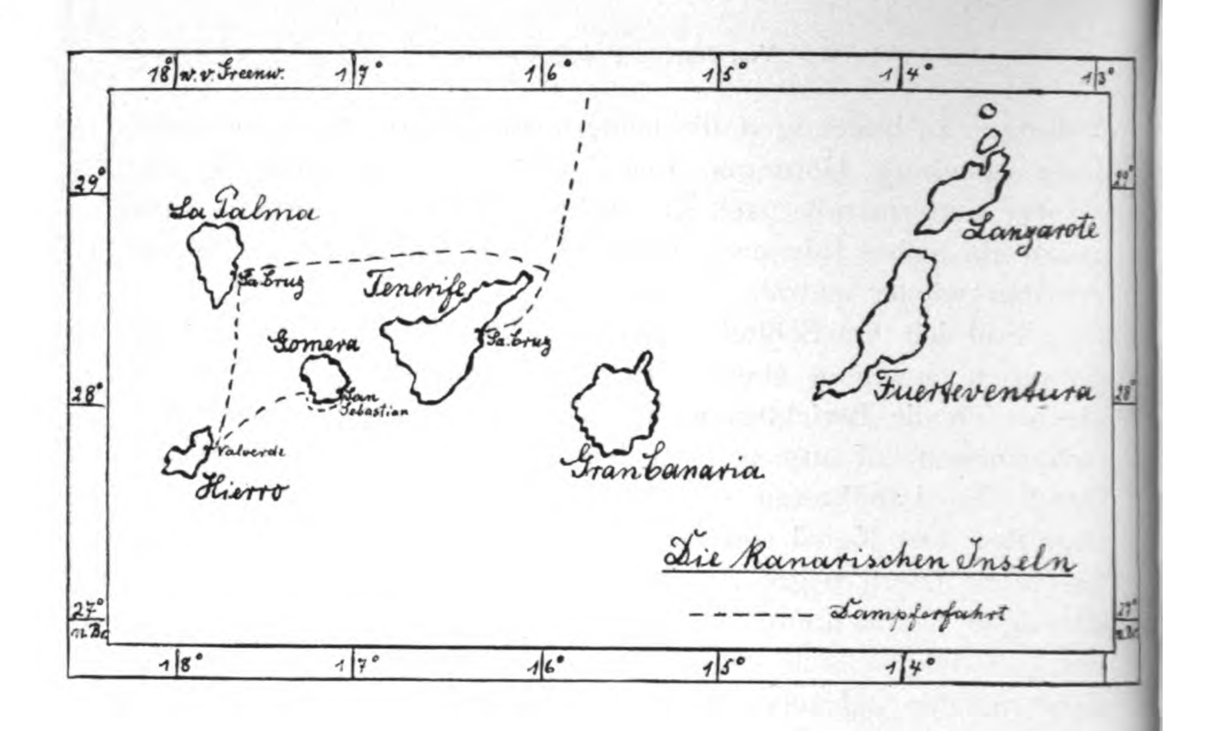
Am Sonntag, den 22. März, führte mich die elektrische Bahn von La Laguna nach Santa Cruz zurück, und am Montag wartete ich vergeblich auf den Dampfer »Lucie Woermann«, der um drei Uhr nachmittags ankommen sollte, infolge stürmischen Wetters aber erst am Dienstag früh eintraf und um sieben Uhr bei Regenwetter abfuhr. Später klärte sich der Himmel auf, und während der ganzen Fahrt bis Hamburg hatten wir schönes Wetter und ruhige See. Besonders am 28. März, als die Höhe von Bordeaux erreicht war, genoß ich einen schönen, milden Abend auf Deck. Der Himmel war mit Sternen übersät, und von zwei Planeten warf der hellste, der im Stier stand, einen breiten Lichtstreifen auf das Meer, dessen Oberfläche ebenfalls von tausend tanzenden Sternen erglänzte. Am 30. März gingen wir um fünf Uhr früh bei Southampton vor Anker, wo die englischen Passagiere beim Spiel ihrer Nationalhymne ausgeschifft wurden. Dann fuhren wir dicht an der Insel Wight vorbei, deren Schlösser und malerisch gelegene Städte mir ein junger englischer Schiffsoffizier, der in Southampton an Bord gekommen war, benannte. An Backbord sahen wir den Hafen von Portsmouth mit seinen Befestigungen und gewaltigen Panzerschiffen und später die weißen Kreidefelsen der Südküste Englands. Um fünf Uhr abends wurde Boulogne erreicht, wo die französischen Passagiere aus mir unbekannten Gründen ohne Musikbegleitung das Schiff verließen. Zwei Stunden später erschienen die Lichter von Calais und Dover, und am Mittwoch, den 1. April, früh halb vier Uhr landeten wir im Hafen von Hamburg. Hier blieb ich noch mehrere Tage, um alte Erinnerungen aufzufrischen und namentlich das neue Museum in Altona und Hagenbecks Tierpark in

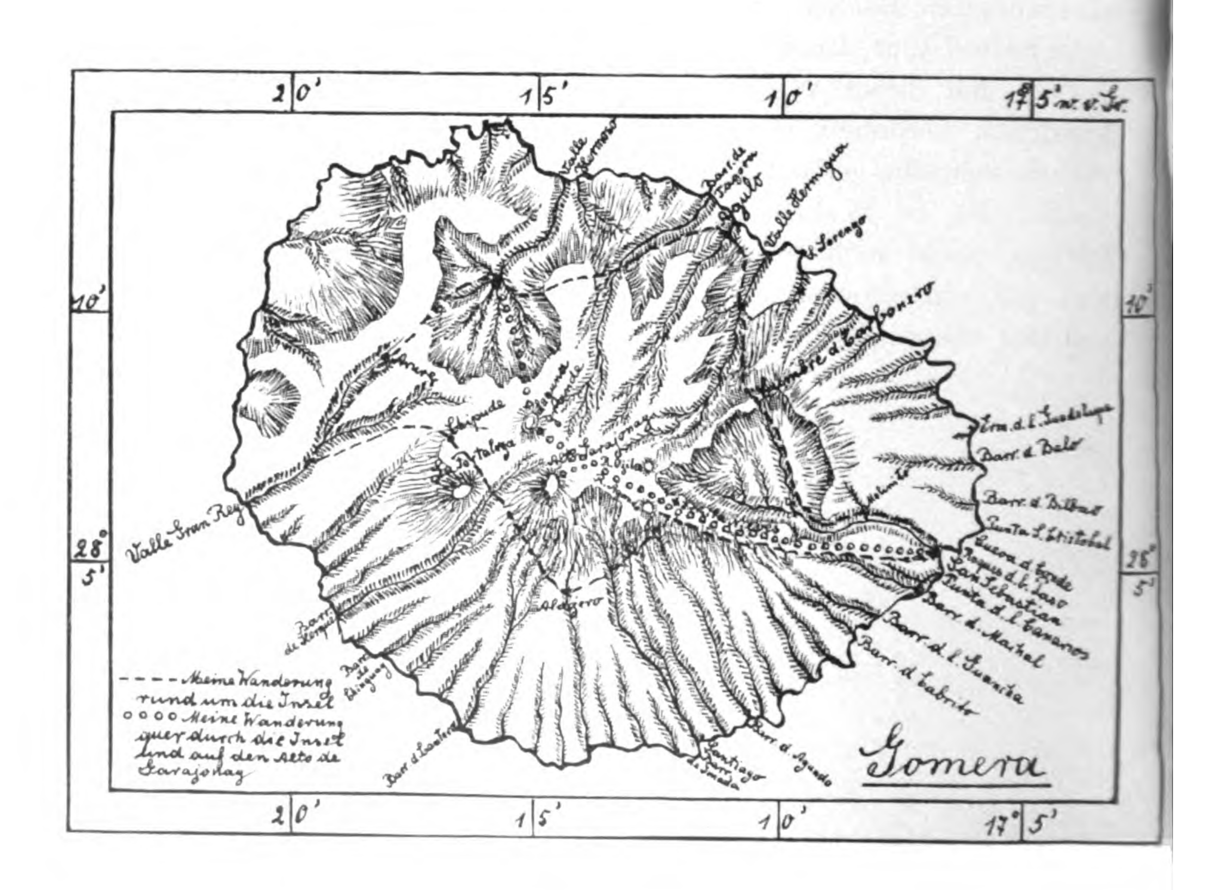


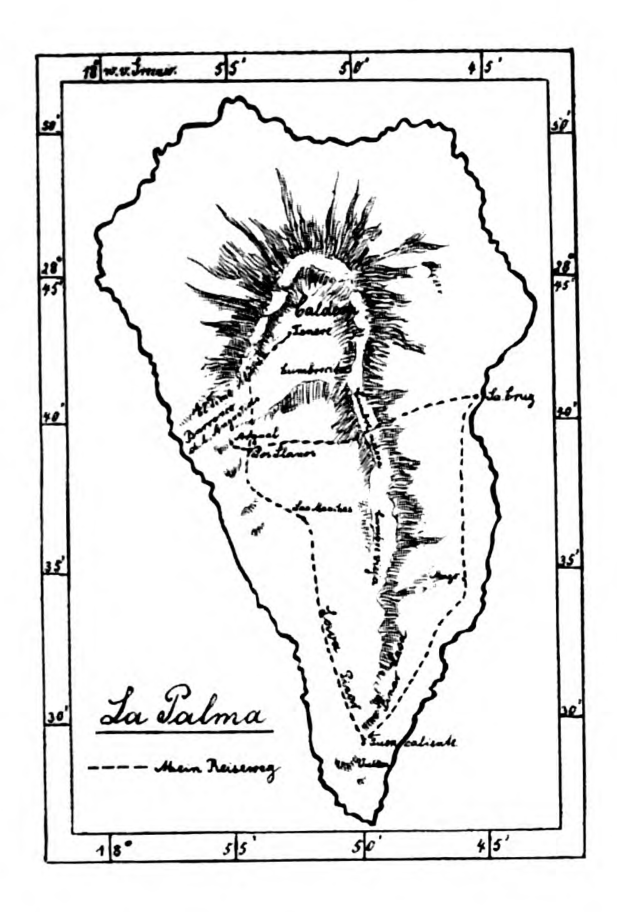
Der Pik von Teneriffa bei Abendbeleuchtung

Stellingen zu besichtigen, die beide meine Erwartungen übertrafen. Über Lüneburg, Göttingen, Cassel und Frankfurt reiste ich dann auf der Vetternstraße nach Karlsruhe zurück, wo ich am 19. April, genau ein halbes Jahr nach meiner Abreise, bei Kälte und Schneegestöber wieder eintraf.

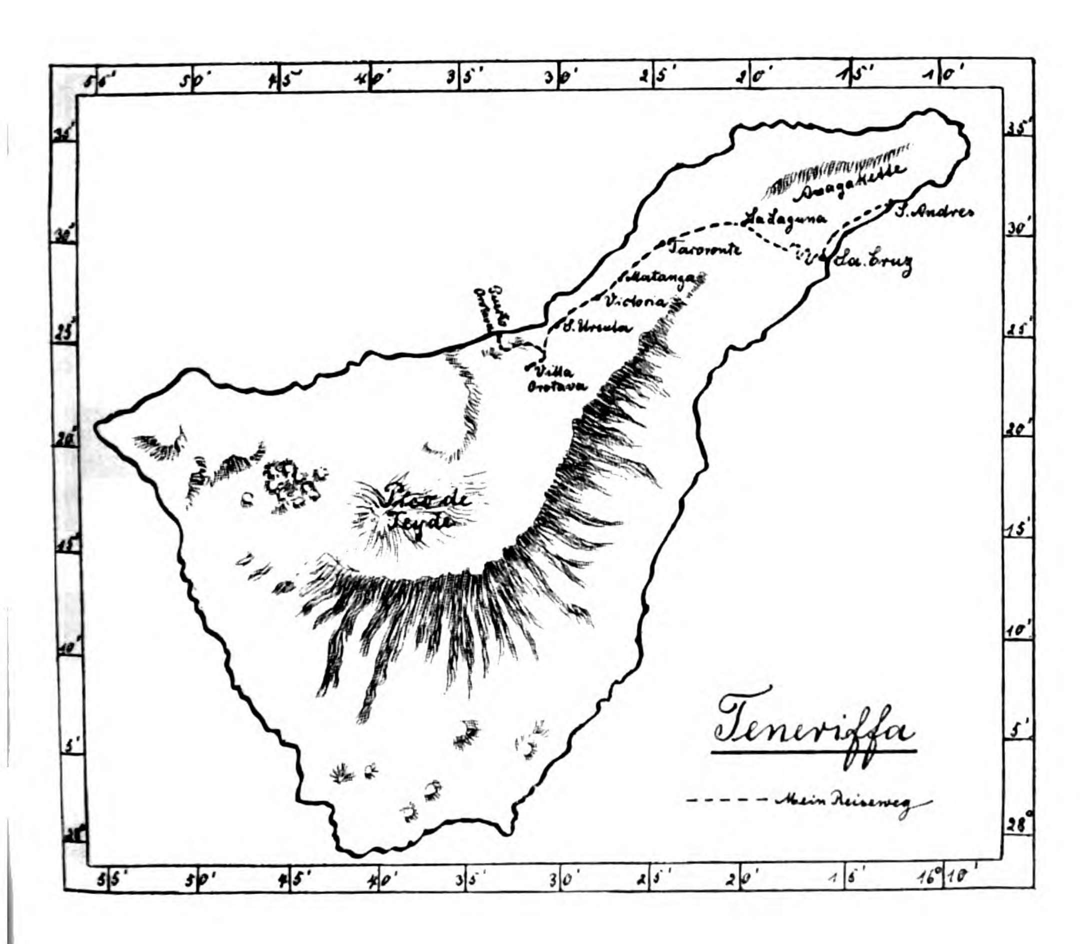
Soll ich am Schluß meiner Schilderungen noch eines allgemeinen Gewinnes einer solchen größeren Reise gedenken, so glaube ich die Berichtigung der Vorstellungen von den Größenverhältnissen auf unserer Erde besonders hervorheben zu müssen. Durch die Landkarten erhalten wir davon meist ganz falsche Begriffe. Der Kanal erscheint auf ihnen wie ein von zwei naheliegenden Ufern begrenzter Fluß, der Golf von Biskaya wie eine schwache Einbuchtung des Landes. Sehen wir sie in Wirklichkeit, so dehnen sich endlose Wasserflächen vor uns aus. Und Gomera, das auf unseren Karten höchstens als ein schwacher Punkt sichtbar ist, verwandelt sich beim Betreten in eine kleine Welt für sich, in ein Land mit hohen Bergen und tief eingeschnittenen Tälern, mit mächtigen Felskolossen und steilklippigen Küsten, mit ausgedehnten Urwäldern und Kulturpflanzungen, mit schäumenden Bächen und tosenden Wasserfällen, mit zahlreichen Ortschaften und Tausenden von Menschen. Kein Geringerer als Darwin hat dieser Wirkung einer großen Reise den treffendsten Ausdruck verliehen, indem er am Schluß seines klassischen Tagebuches schreibt: »Kontinente werden nicht mehr wie Inseln, und Inseln, die in Wahrheit größer sind, als viele Königreiche in Europa, nicht mehr wie bloße Flecke betrachtet. Die Erdkarte hört auf, ein unbeschriebenes Blatt zu sein und wird ein Gemälde voll der mannigfaltigsten und belebtesten Gestalten.«


La Palma
Tenerife
Gomera
San Sebastian
Valverde
Hierro
Lanzarote
Fuerteventura
Die Kanarischen Inseln
------ Dampferfahrt


Valle Gran Rey
Alajero
Barr. d. Belo
Barr. d. Bilbao
Punta S. Cristobal
San Sebastian
Barr. d. Machal
Barr. d. Cabrito
---- Meine Wanderung rund um die Insel
oooo Meine Wanderung quer durch die Insel und auf den Alto de Garajonay
Gomera



La Palma
Mein Reiseweg
La Cruz
Los Llanos
Argual
Las Manchas



Teneriffa
Mein Reiseweg
Anagakette
La Laguna
S. Andres
Tacoronte
La Cruz
Matanza
Victoria
S. Ursula
Villa Orotava
Pico de Teyde

ANHANG

I. Verzeichnis der von mir auf Gomera gesammelten Tiere

Spongiae

Ich sammelte gegen 15 Arten, deren Zugehörigkeit zu den Gattungen resp. Familien Herr Professor Weltner bestimmte.

Ceratospongida

1. *Euspongia* spec. Farbe dunkelgrau. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

2. *Euspongia* spec. Farbe hellgrau. In den Höhlungen junge Pferdeaktinien. Auf dem Schwamm sitzt eine *Chalina*. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

3. *Euspongia* spec. (mazeriert). Angespült am Blockstrand zwischen Barranco del Machal und Barranco de la Guancha. 22. 1. 08.

4. *Euspongia* spec. (mazeriert). Angespült am Kiesstrand bei der Ermita de la Guadalupe. 21. 12. 07.

5. *Aplysina aerophoba* Nardo. Farbe gelb. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. Fand sich in einem dicken Polster unter einem überhängenden Felsblock und war durch einen benachbarten Felsblock vor jeder Sonnenbestrahlung geschützt. 28. 12. 07. — In Felslöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

6. *Hircinia* spec. Farbe grau, wurde im Alkohol grün. Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

Monaxonida

7. *Chondrosia* spec. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

8. Suberitide. Farbe gelb. Bildet dünne Überzüge auf den Felsen. Tümpel zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07; 27. 12. 07; 28. 12. 07.

9. Suberitide. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

10. Suberitide. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

11. *Suberites* spec. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

12. *Chalina* spec. Farbe grün. Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

13. *Chalina* spec. Farbe grau. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

14. *Chalina* spec. In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

15. *Chalina* spec. Auf *Euspongia* spec. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

16. *Reniera* spec. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Hydrozoa

17. *Aglaophenia* spec. (?). In den Tümpeln bei der Cueva del Conde auf *Cystoseira abies marina* (Gmel.). 8. 1. 08; 13. 1. 08.

Anthozoa

Actiniaria

Meine aus etwa 200 Exemplaren bestehende Aktiniensammlung von Gomera, deren Bestimmung Herr Dr. Pax übernommen hat, umfaßt 5 Arten, von denen 3, nämlich *Anemonia sulcata, Aiptasia couchii* und *Phellia vestita* für die kanarische Fauna neu sind. Wie Pax bemerkt, ist die Sammlung besonders deshalb von Interesse, weil sie zum ersten Male einen Überblick über die Aktinienfauna der kanarischen Inseln gestattet, über die wir bisher nur durch ganz vereinzelte und gelegentliche Funde unterrichtet waren. Die 5 gesammelten Arten sind von Pax in der „Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft", Bd. 45, 1909 beschrieben worden.

18. *Priapus equinus* L. Zeigt morphologisch keinerlei Abweichung von der typischen Mittelmeerform. Einige Exemplare

haben unter dem Einfluß des Formaldehyds eine eigentümliche rotbraune Farbe angenommen. — In engen Felsspalten am Strande zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07. (4 Exemplare.) — Unter Felsblöcken bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. (13 z. T. jugendliche Exemplare.) — Cueva del Conde. 13. 1. 08. (24 jugendliche Exemplare.) — Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. (37 erwachsene Exemplare.)

19. *Anemonia sulcata* (Penn.). Die in 4 % Formaldehyd konservierten Tiere haben ihre grüne Körperfarbe erhalten; auch die violette Färbung der Tentakelspitzen ist noch deutlich erkennbar. Sämtliche Exemplare gehören der forma typica an, bleiben aber ausnahmslos hinter der Durchschnittsgröße dieser Form erheblich zurück. Die forma typica, die sonst in einer Tiefe von mehreren Metern lebt, kommt auf Gomera in den Ebbetümpeln des Felsenstrandes vor und wird hier in bezug auf die Größenverhältnisse der Strandform von *Anemonia sulcata*, d. h. der forma *rustica,* ähnlich. Diese auffällige Abnahme der Größe in geringer Wassertiefe hängt nach Pax mit den Ernährungsverhältnissen auf das engste zusammen. Die Art war bisher im Gebiet der nordwestafrikanischen Inseln mit Sicherheit nur von Madeira bekannt. — Ermita de la Guadelupe. In Tümpeln des Felsenstrandes. 26. 1. 08. (40 Exemplare.) — Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. (6 Exemplare.)

20. *Aiptasia couchii* Cocks. War bisher nur von Madeira bekannt und anatomisch noch nicht untersucht. — Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08. (10 Exemplare.)

21. *Phellia vestita* Johns. War bisher nur von Madeira bekannt und anatomisch noch nicht untersucht. Ektoderm des Mauerblatts mit winzigen Sandkörnchen inkrustiert. Entoderm anscheinend ohne Zooxanthellen. — Unter Felsblöcken bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. (1 Exemplar.)

22. *Palythoa canariensis* (Hadd. u. Duerden). Bildet braune rasenartige Polster; im Formol haben die Tiere eine mehr grünliche Färbung angenommen. Körperwand dicht mit kleinen Sandkörnchen inkrustiert; Schwammnadeln und Foraminiferenschalen treten der Masse nach durchaus zurück. Entoderm des Mauerblatts dicht mit Zooxanthellen angefüllt. — Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 22. 1. 08.

Madreporaria

23. *Dendrophyllia ramea* (L.) M. Edw. Von Fischern gekauft. 9. 2. 08.

Turbellaria

24. *Planaria gonocephala* Dug. (?) det. Lauterborn. Braunschwarz, Unterseite hellbraun mit weißem Strich in der Mitte; Länge bis 13 mm; Kopf dreieckig, durchscheinend. — Barranco de la Villa, unter Steinen im Bach, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 10. 12. 07; 3. 1. 08. — Valle Hermigua, im Bach unter Steinen. 29. 11. 07.

Chaetopoda

Polychaeta

Errantia

Ich sammelte die folgenden 7 Spezies, die Herr Dr. Augener bestimmte:

25. *Eurythoë complanata* Pall. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

26. *Eulalia viridis* O. F. Müller. Am Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. Im Gestein eingebohrt. 27. 12. 07.

27. *Harmothoë spinifera* Ehl. Tümpel bei den Roques del buen Paso. Im Gestein eingebohrt. 20. 1. 08.

28. *Nereis cultrifera* Grube. Tümpel bei den Roques del buen Paso. Im Gestein eingebohrt. 20. 1. 08.

29. *Nereis dumerili* Aud. u. Edw. Tümpel bei den Roques del buen Paso. Im Gestein eingebohrt. 20. 1. 08.

30. *Nereis oliveirai* Horst. An der Felsenküste zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. Im Felsen eingebohrt. 16. 12. 07; 27. 12. 07.

31. *Eunice harassii* Aud. u. Edw. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 22. 1. 08.

Sedentaria

32. Serpulide. Vielfach gewundene leere Kalkröhren massenhaft in den Tümpeln bei den Roques del buen Paso. Mit dem größten Teil ihrer Länge aufgewachsen. 20. 1. 08.

33. Serpulide. Leere Kalkröhren auf den Steinen bei der Cueva del Conde. Mit der ganzen Länge aufgewachsen. 8. 1. 08.

34. Serpulide. Leere Kalkröhren auf den Steinen in den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. Mit der ganzen Länge aufgewachsen. 7. 2. 08.

35. Serpulide. Röhre dicht mit Muschelstückchen besetzt. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

36. *Spirorbis* spec. Massenhaft auf den Steinen des Blockstrandes bei der Kaserne, San Sebastian. 16. 1. 08. — Auf den Steinen des Strandes bei der Cueva del Conde. 20. 1. 08. — Auf den Steinen in den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. — Auf Brauntangen des Felsenstrandes zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07; 22. 1. 08. — Auf Tangen in den Tümpeln bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

Oligochaeta

Die 6 von mir gesammelten Regenwürmerarten wurden von Herrn Professor Michaelsen bestimmt. Es sind sämtlich peregrine, gemäßigt eurasisch-nordamerikanische Formen. Eine Spezies, *Octolasium lacteum*, war bisher noch nicht auf den Kanaren gefunden worden.

37. *Eiseniella tetraedra* (Sav.) f. typica. Barranco de la Villa. Unter Steinen am Bach. 11. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 29. 11. 07; 4. 12. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

38. *Eisenia rosea* (Sav.). Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. Unter Steinen. 17. 1. 08. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

39. *Helodrilus caliginosus* (Sav.). Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Forma *trapezoides Dup.* Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 29. 11. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

40. *Helodrilus chloroticus* (Sav.). Unter Steinen im Lorbeerwald auf der Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Unter Steinen bei Agulo in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

41. *Helodrilus eiseni* (Levins.). Unter Steinen im Lorbeerwald auf der Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

42. *Octolasium lacteum* (Oerley). Für die Kanaren neu. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

Ascidiacea

Die beiden Arten, die ich auf Gomera sammelte, hat Herr Dr. Hartmeyer annähernd bestimmt. Sie beanspruchen insbesondere tiergeographisches Interesse, weil von den Kanaren bisher nur eine Ascidie (*Ciona flemingi* Herdm.) bekannt war. Die beiden neu nachgewiesenen Arten weisen faunistisch auf das Mittelmeer hin.

43. *Phallusia* spec. (aff. *conchilega* Müll.). Möglicherweise eine neue Art, was aber noch näherer Untersuchung bedarf. Unter Steinen bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

44. *Cystodites dellechiajei* (D. Valle). In Symbiose mit dem Amphipoden *Tritaeta gibbosa Bate*, der sich in ansehnlicher Zahl im Innern der Kolonien fand. — Auf dem Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. — In Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Echinodermata

Die Echinodermen meiner Sammlung habe ich selbst notdürftig bestimmt; die Bestimmungen bedürfen jedoch der Nachprüfung durch einen Spezialisten.

Holothurioidea

45. *Holothuria* spec. In dem Sand des Darmes fand ich zahlreiche Schwammnadeln, aber keine Foraminiferen. Unter Steinplatten des Strandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Echinoidea

46. *Paracentrotus lividus* (Lam.) Brandt. Farbe der Stacheln dunkelviolett oder dunkelolivengrün. Massenhaft auf den Felsen, in Löchern und Spalten, besonders unter überhängenden Blöcken. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07; 28. 12. 07. — Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08. — Felsenstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. — In Tümpeln und Felsenlöchern an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

47. *Diadema* spec. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

48. Unbestimmter Seeigel. Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

49. Unbestimmter Seeigel. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

Ophiuroidea

50. *Ophiura laevis* (Rond.) Lysm. Unter Steinplatten des Strandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Asteroidea

51. *Asterias tenuispina* Lam. Bei den 5 gesammelten Exemplaren zeigen sich folgende Variationen in der Zahl und Länge der Arme: 1. 6 Arme, 4 große und 2 kleine; 2. 7 Arme, 4 große und 3 kleine; 3. 8 Arme, 4 große und 4 kleine; 4. 8 Arme, 4 große und 4 kleine; 5. 9 Arme, 8 große und 1 kleiner. Die kurzen Arme stehen stets zusammen in einem Winkel zwischen zwei der größeren Arme. — Zwischen Felsblöcken bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. (3 Exemplare.) — Tümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. (2 Exemplare.)

52. *Archaster* spec. San Sebastian. Am Sandstrand angespült. 15. 12. 07.

Mollusca

Amphineura

53. *Chiton* spec. Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 27. 12. 07.

Lamellibranchiata

54. Unbestimmte Muschel. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe unter Steinen festsitzend. 7. 2. 08.

Gastropoda

Opisthobranchiata

55. *Aplysia ocellata* d'Orb. In den Tümpeln bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Prosobranchiata

Die von mir gemachten Bestimmungen bedürfen der Nachprüfung durch einen Spezialisten.

56. *Patella guttata* d'Orb. In der Bucht von San Lorenzo am Felsen angeheftet. 28. 11. 07. — Felsenküste zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07.

57. *Patella crenata* Gmel. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07.

58. *Patella* spec. Leere gebleichte und korrodierte Schalen massenhaft auf dem Sandstrand bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

59. *Haliotis* spec. Leere Schale am Blockstrand bei der Kaserne angespült. San Sebastian. 16. 1. 08.

60. *Haliotis* spec. Leere Schale am Felsenstrand bei der Ermita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

61. *Trochus saulcyi* d'Orb. In der Bucht von San Lorenzo zahlreich am Felsen angesaugt. 28. 11. 07. — Desgl. an der Felsenküste zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07.

62. *Purpura haemastoma* Lam. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07. — Felsenstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

63. *Tritonium* spec. Leere, mit Röhrenwürmern und Bryozoen besetzte Schale am Strand bei der Ermita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

64. *Litorina canariensis* d'Orb. Bucht von San Lorenzo. 28. 11. 07. — Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07.

65. *Litorina affinis* d'Orb. Bucht von San Lorenzo. 28. 11. 07. — Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07.

Pulmonata

Die Limnaeiden bestimmte Herr Professor Lauterborn, die Limaciden und 3 Exemplare von *Vitrina* Herr Professor Simroth, die Heliciden Herr Dr. Leschke.

Limnaeidae

66. *Ancylus* spec. Barranco de la Villa, unter Steinen im Bach, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 10. 12. 07.

Limacidae

67. *Limax arborum* Bouch. Hat die einfache Zeichnung zentraleuropäischer Tiere, nicht die der südeuropäischen Abart *valentianus*. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. (1 Exemplar.)

68. *Agriolimax laevis* (Müll.). Hat ganz das Aussehen wie der *Agriolimax agrestis* (L.) auf den Azoren. Simroth war daher erstaunt, daß es der *A. laevis* war in der rein weiblichen Form wie sie bei uns selten und wohl nur bei jungen Tieren vorkommt, in den Tropen und Subtropen von Madagaskar, Ceylon und Amerika aber rein vorherrscht. Einige Regenerate am Schwanzende hängen wohl mit der üblichen Verfolgung durch Eidechsen zusammen, die am Hinterende anzufassen scheinen. — Valle Hermigua, unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (8 Exemplare); 4. 12. 07. (ca. 50 Exemplare.) — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (99 Exemplare.) — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 Exemplar.)

69. *Amalia gagates* Moquin-Tandon. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (5 Exemplare.) — Cumbre del Carbonero. Unter Steinen des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (2 Exemplare.) — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. (6 Exemplare.) — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (5 Exemplare.) — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (5 Exemplare.)

Helicidae

70. *Vitrina lamarcki* Fér. (Von Herrn Dr. Leschke als *Vitrina canariensis* Mouss. bezeichnet.) Wald oberhalb Hermi-

gua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (4 ausgewachsene Exemplare, 1 juv.) — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rande eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (7 ausgewachsene Exemplare, 1 juv.) — Wald zwischen Ermita de las Nieves und Alto de Garajonay. 2. 3. 08. (1 juv.) Verbreitung: Hierro, Gomera, Teneriffa, Palma.

71. *Caracollina discobolus* Shuttl. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado, ca. 300 m hoch. 2. 12. 07. (5 ausgewachsene Exemplare.) — Auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 2. 1. 08. (1 ausgewachsenes Exemplar.) — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. (4 ausgewachsene Exemplare, 11 juv.) — Barranco del Balo, unter Steinen der Talsohle. 26. 1. 08. (1 ausgewachsenes Exemplar.) — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (4 ausgewachsene Exemplare; 2 juv., 15 tote Exemplare, Schalen ganz weiß.) Verbreitung: nur Gomera.

72. *Caracollina eutropis* Shuttl. Gehäuse des vorliegenden jungen Exemplars mit feinen ca. $^1/_2$ mm langen Haaren an der Peripherie der letzten Windung besetzt. An den oberen Windungen sind sie schon abgefallen. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. (1 juv.: $3^1/_2$ Windungen, gr. Durchmesser 8 mm, Höhe 3 mm.) — Verbreitung: Gomera, Fuerteventura. Für Gomera neu.

73. *Caracollina lenticula* Fér. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (5 ausgewachsene Exemplare, 7 juv.) — Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (1 ausgewachsenes Exemplar.) — Verbreitung: Küstenform; häufig im ganzen Mittelmeergebiet; auf allen kanarischen Inseln, ohne die geringste Variation zu zeigen.

74. *Hemicycla paivanopsis* Mabille. Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (4 ausgewachsene Exemplare, 28 juv.) — Verbreitung: nur Gomera.

75. *Buliminus bertheloti* Pfr. Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 17. 1. 08. (2 Exemplare, tot: 8 Windungen, Länge $22^1/_2$ mm, Breite $8^1/_2$ mm;

$7^1/_2$ Windungen, Länge 21 mm, Breite 9 mm.) — Verbreitung: Gomera, Hierro.

76. *Buliminus consecoanus* (Fritsch) Mouss. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 juv.) — Berghänge bei Agulo. 16. 2. 08. (2 ausgewachsene Exemplare, 1 mit unfertigem Mundrand.) — Verbreitung: nur Gomera.

77. *Buliminus rupicola* Webb. u. Berth. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe 300 m. 2. 12. 07. (1 ausgewachsenes Exemplar: $7^1/_2$ Windungen; Länge 12 mm, Breite 5 mm.) — Verbreitung: nur Gomera.

78. *Ericia laevigata* Webb. u. Berth. Barranco del Balo, unter Steinen der Talsohle. 26. 1. 08. (1 Exemplar, tot, ganz weiß, ohne Deckel.) — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 Exemplar, rot gefärbt. 4 Windungen, Länge 14 mm, Breite 13 mm; 2 leere Gehäuse.) — Verbreitung: Gomera, Teneriffa.

79. Unbestimmte Helicide. Leere gebleichte und stark verwitterte Gehäuse in der Erde des Talhanges an der Mündung des Barranco del Machal eingebacken. 22. 1. 08. (9 Exemplare.)

80. Unbestimmte Helicide. Leere gebleichte Gehäuse zahlreich in der Erde des Talhanges an der Mündung des Barranco del Machal eingebacken und frei umherliegend. 22. 1. 08. (35 Exemplare.) — Desgl. auf der Hochfläche rechts vom Barranco de la Villa frei umherliegend. 13. 12. 07. (5 Exemplare.)

81. Unbestimmte Helicide. Leere gebleichte Gehäuse massenhaft auf dem Sandstrand bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07. (77 Exemplare.)

Cephalopoda

82. *Sepia* spec. Schulp am Strand bei der Ermita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

83. *Spirula peronii* Lam. Schale am Sandstrand bei San Sebastian angespült. 15. 12. 07 und an anderen Tagen. (27 Exemplare.) — Desgl. am Sandstrand bei der Eremita de la Guadelupe angespült. 7. 2. 08.

Crustacea

Ostracoda

84. *Cypris* spec. San Sebastian. Im Schlamm des Baches beim Tamariskenwäldchen. 31. 12. 07. Für die Kanaren neu.

Cirripedia

85. *Lepas anatifera* L. Zahlreiche Schalenbruchstücke und einzelne getrocknete Tiere unter einem Busch von *Prenanthes spinosus* Forsk. auf dem Sandstrand bei der Ermita de la Guadelupe angehäuft. 21. 12. 07.

86. *Chtamalus stellatus* (Poli), var. det. Weltner. Massenhaft auf dem Felsenstrand der ganzen Küste. — Bucht von San Lorenzo. 28. 11. 07. — Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 16. 12. 07; 27. 12. 07. — Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Bei der Cueva del Conde. Auf Gehäusen von *Purpura haemastoma* Lam. 8. 1. 08. — Bei der Ermita de la Guadelupe. Auf Gehäusen von *Purpura haemastoma* Lam. 7. 2. 08.

87. *Unbestimmte Balanide.* Leere Gehäuse von 2—3 cm Höhe auf Patellaschalen. Unter Steinen des Strandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Amphipoda

88. *Talitrus saltator* Mont. Sandstrand bei San Sebastian. Die größeren vereinzelt unter Steinen, die kleineren massenhaft auf und unter umherliegenden Blättern von *Enteromorpha linza* L. Lebten 7 Stunden im Süßwasser. Springen, schwimmen, laufen sehr schnell. 15. 12. 07. — Valle Hermigua, unter Steinen am Strand. 1. 12. 07.

89. *Unbestimmte Gammaride.* Valle Hermigua, unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Sehr zahlreich unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

90. *Tritaeta gibbosa* Bate. det. Hartmeyer. Fand sich in ansehnlicher Zahl im Innern der Kolonien von *Cystodites dellechiajei* (D. Valle). Blockstrand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08. — Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Isopoda

Die 6 von mir gesammelten Arten hat Herr Professor Budde-Lund bestimmt.

91. *Porcellio scitus* B.-L. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Valle Hermigua. Höhe 300 m. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Unter Steinen auf dem Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

92. *Armadillidium vulgare* (Latr.). Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08; 20. 2. 08. Bisher nur von Teneriffa bekannt, für Gomera neu.

93. *Metoponorthus pruinosus* Br. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07; 4. 12. 07. — Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado, Hermigua. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Hermiguatal. 2. 12. 07. — San Sebastian, in meinem Haus. 13. 12. 07. — San Sebastian, unter Steinen am Blockstrand. 24. 12. 07. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 16. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08; 20. 2. 08. — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

94. *Metoponorthus sexfasciatus* Koch. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

95. *Gymnoderma laevis* Latr. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07; 4. 12. 07. — In meinem Haus, San Sebastian. 13. 12. 07; 13. 1. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. — Bisher nur von Teneriffa und La Palma bekannt, für Gomera neu.

96. *Tylos latreillei* Aud. u. Sav. Valle Hermigua. Unter Steinen in Löchern des Sandstrandes zusammengerollt. Sehr zahlreich. 1. 12. 07. — San Sebastian, unter Steinen des Sandstrandes. 24. 12. 07; 26. 12. 07.

Decapoda

Die 7 von mir gesammelten Arten bestimmte Herr Dr. Steinhaus mit Ausnahme der Paguride.

97. *Palaemon squilla* (L.) Fabr. Zahlreich in den mit Grünalgen bewachsenen Tümpeln auf dem Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07; 24. 12. 07. — In den Tümpeln auf dem Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07. — In den Tümpeln auf dem Felsenstrand an der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

98. Unbestimmte Paguride. Auf dem Felsen- und Blockstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. Massenhaft in den verschiedensten Gehäusen. 16. 12. 07; 19. 12. 07. — In den Tümpeln des Felsenstrandes bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

99. *Porcellana platycheles* (Penn.) Lam. Unter Steinen am Strand bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. Bisher von Gran Canaria, Fuerteventura und Lanzarote bekannt, für Gomera neu.

100. *Liolophus planissimus* (Herbst). Unter Steinen bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

101. *Plagusia depressa* (Herbst) *var. squamosa* (Herbst). Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 26. 12. 07.

102. *Pachygrapsus transversus* Gibbes. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08. (Sehr junges Exemplar.) — San Sebastian, am Sandstrand tot angetrieben. 15. 12. 07.

103. *Neptunus hastatus* (L.). San Sebastian, am Sandstrand tot angetrieben. 15. 12. 07. Bisher nur von Fuerteventura bekannt. Für Gomera neu.

104. *Xantho rivulosus Risso.* Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08. Bisher nur von Gran Canaria und Lanzarote bekannt. Für Gomera neu.

Myriopoda

Die 15 Arten meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Graf Attems. 6 Spezies sind neu.

105. *Scutigera coleoptrata* (L.). San Sebastian. An den weißen Kalkwänden meines Hauses, besonders des Aborts, nachts sitzend. 27. 11. 07; 8. 12. 07; 5. 1. 08; 25. 1. 08. — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

106. *Lithobius teneriffae* Latzel. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Hermiguatal. Höhe ca. 300 m. 2. 12. 07. — Bei Agulo

unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. — Unter Steinen auf dem Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

107. *Scolopendra valida* Luc. Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Unter Steinen der Talsohle des Barranco del Balo. 26. 1. 08. — Unter Steinen bei der Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 20. 2. 08. — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

108. *Cryptops trisulcatus* Brölemann. Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08.

109. *Geophilus carpophagus* Leach. Unter Steinen am Bach im Wald oberhalb Hermigua. 13. 2. 08. — Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. — Unter Steinen auf dem Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

110. *Pachymerium ferrugineum* C. Koch. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. — Unter Steinen am Strand bei San Sebastian. 24. 12. 07.

111. *Lenia bicarinata* Mein. Unter Steinen im Barranco de la Villa. 11. 12. 07.

112. *Nannophilus eximius* Mein. Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

113. *Pectiniunguis melanostictus* Attems n. sp. Unter Steinen am Strand bei San Sebastian. 24. 12. 07. — Unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08.

114. *Glomeris gomerana* Attems n. sp. Unter Steinen auf der Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

115. *Strongylosoma guerinii* Gerv. Unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. — Unter Steinen des Talbodens bei Valle Gran Rey. 22. 2. 08.

116. *Brachydesmus proximus* Latzel. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

117. *Pachyjulus senilis* Attems n. sp. Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

118. *Pachyjulus sansibastianus* Attems n. sp. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado, ca. 300 m Höhe. 2. 12. 07. — Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Hermiguatal, ca. 300 m Höhe. 2. 12. 07. — Unter Steinen am Bach im Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 11. 12. 07. — Unter Steinen auf den Höhen rechts vom Barranco de la Villa. 13. 12. 07. — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

119. *Pachyjulus tiendarius* Attems n. sp. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen und zwischen Steinhaufen am Ausgang des Tals. 1. 12. 07.

Arachnoidea

Die 36 Spezies meiner Sammlung wurden mit Ausnahme von *Tetragnatha gracilis*, die ich selbst bestimmte, und der noch unbestimmten Milbenart von Herrn Dr. Strand bestimmt. Die folgenden 5 Arten sind neu: *Gnaphosa canaricola, Xysticus sebastianus, Micaria gomerae, Tarentula mayi, Phalangium canarianum*. Dazu kommt die neue Varietät: *Tarentula kulczynskii* Bösbg. var. *gomerae*. Herr Dr. Strand hat die Sammlung im Archiv für Naturgeschichte, I. 2, 1911 beschrieben.

Araneae

120. *Zoropsis rufipes* (H. Luc.). Agulo, unter Steinen oberhalb des Weges zwischen Agulo und Hermigua. 15. 2. 08. (1 ♀ und unreife Exemplare.) — Agulo, unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rande eines Rinnsales oberhalb des Ortes. 17. 2. 08. (1 ♂.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (1 unreifes Exemplar.) — San Sebastian, in meinem Haus. 13. 1. 08. (1 unreifes Exemplar.)

121. *Oecobius navus* (Bl.). San Sebastian, Hof meines Hauses. 18. 12. 07. (1 ♀.)

122. *Eresus niger* (Pet.). Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♀.)

123. *Segestria florentina* Rossi. Agulo, unter Steinen oberhalb des oberen Weges zwischen Agulo und Hermigua, ca. 400 m hoch. 15. 2. 08. (1 unreifes Exemplar.)

124. *Dysdera macra* Sim. Wald zwischen Ermita de las Nieves und Alto de Garajonay. 2. 3. 08. (1 etwas beschädigtes ♀.)

125. *Dysdera insulana* Sim. var. Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (1 ♀.)

126. *Dysdera crocota* C. L. Koch (?). San Sebastian, im Hof meines Hauses. 19. 1. 08. (1 unreifes ♂.)

127. *Drassodes lapidosus* Walck. Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. (1 ♂.) — Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♂.)

128. *Callilepis moebii* Bösbg. Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. (Mehrere reife ♂♂ u. ♀♀.) — Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Barranco de la Villa über San Sebastian. 13. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (2 unreife Exemplare.) — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 2. 1. 08. (Unreife Exemplare.) 17. 1. 08. (1 reifes ♀.) — Valle Hermigua, unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (1 unreifes Exemplar.) — Barranco de la Villa bei San Sebastian, unter Steinen des Talgerölles. 13. 1. 08. (2 unreife Exemplare.) — San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (1 reifes, aber ganz neu gehäutetes, auffallend kleines ♂, mehrere unreife ♂♂.) — Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (Reife ♀♀ und 1 reifes ♂.) — Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (1 unreifes ♂.) — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (2 reife ♀♀.)

129. *Gnaphosa canaricola* Strand n. sp. Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♀.)

130. *Teutana grossa* (C. L. K.). Valle Hermigua, unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. (2 unreife ♂♂.) — Wald oberhalb Hermigua, unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (2 unreife Exemplare.) — Agulo, unter Steinen oberhalb des oberen Weges zwischen Agulo und Hermigua. 15. 2. 08. (1 ♀.) — Agulo, unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Names-

felder am Rande eines Rinnsales oberhalb des Ortes. 17. 2. 08. (1 ♀.) — Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. (1 ♀.)

131. *Enoplognatha mandibularis* Luc. Valle Hermoso, unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 20. 2. 08. (1 ♀.)

132. *Aranea crucifera* Luc. Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 reifes und 1 unreifes ♀.)

133. *Zilla litterata* Ol. Cumbre del Carbonero, unter Steinen im Lorbeerwald. 4. 1. 08. (1 ♀.)

134. *Tetragnatha gracilis* H. Luc. Macht dicht über dem Wasserspiegel ein horizontal zwischen Steinen ausgespanntes Radnetz. Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastians, unter einem großen Stein im Bach. 11. 12. 07. (3 Exemplare.)

135. *Cyrtophora citricola* (Forsk.). San Sebastian, Hof meines Hauses. 5. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.)

136. *Xysticus sebastianus* Strand n. sp. Barranco de la Villa, eine Stunde oberhalb San Sebastian, unter Steinen am Bach. 11. 12. 07. (1 ♀.)

137. *Xysticus* spec. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.)

138. *Xysticus* spec. (ob *asper* Luc.?). Barranco de la Villa, bei San Sebastian, unter Steinen des Talgerölles. 13. 1. 08. (1 nicht ganz reifes ♀.)

139. *Thanatus?* Valle Hermigua, unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (1 unreifes Exemplar.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (1 unreifes Exemplar.)

140. *Misumena spinifera* Bl. Wald oberhalb Hermigua, unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 ♀.)

141. *Clubiona decora* Bl. Cumbre del Carbonero, im Moos des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (1 ♂.)

142. *Micaria gomerae* Strand n. sp. Cumbre del Carbonero, im Moos des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (1 unreifes ♀.)

143. *Tegenaria* spec. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. (1 unreifes ♂.)

144. *Tegenaria pagana* C. L. Koch. San Sebastian, in meinem Haus. (1 ♂.)

145. *Pisaura rufofasciata* (D. G.). Wald oberhalb Hermigua, unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 ♂.)

146. *Tarentula ferox* Luc. Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (1 nicht ganz reifes ♀.)

147. *Tarentula gracilis* Bösbg. Agulo, unter Steinen, oberhalb des oberen Weges zwischen Agulo und Hermigua. 15. 2. 08. (1 ♀.) — Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (2 reife ♀♀, 1 unreifes Exemplar.)

148. *Tarentula kulczynskii* Bösbg. *v. gomerae* Strand n. var. Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. (1 ♀.)

149. *Tarentula* spp. Barranco de la Villa, unter Steinen am Bach. 11. 12. 07. — Alto de Garajonay, unter Steinen. 4. 3. 08. — Laguna grande, unter Steinen. 2. 3. 08. — (Unreife Exemplare.)

150. *Tarentula (Trochosa) cinerea* F. Valle Hermigua, sehr häufig unter Steinen am Ufer des Baches. 4. 12. 07. (Zahlreiche Exemplare beiderlei Geschlechts, reife und unreife.)

151. *Tarentula (Trochosa) mayi* Strand n. sp. Valle Hermigua, unter Steinen am Ufer des Baches. 29. 11. 07. (1 ♂); 4. 12. 07. (1 ♀.)

152. *Unbestimmbare Salticide.* San Sebastian, in meinem Hause. 18. 12. 07. (1 junges Exemplar.)

153. *Menemerus semilimbatus* Hahn. San Sebastian, an der Tür meines Zimmers. 9. 12. 07. (1 ♀.) — San Sebastian, in meinem Haus. 13. 12. 07. (1 ♂.)

Opiliones

154. *Phalangium canarianum* Strand n. sp. Ermita de las Nieves, unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. (1 ♀.) — Oberhalb Ayamorna, auf flechtenbewachsenem Felsen. 1. 3. 08. (1 ♂.)

Acarina

155. *Eriophyes* spec. Erineumblasen auf den Blättern von *Apollonias canariensis* (Webb.). Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

156. *Unbestimmte Acarine.* In Schwärmen auf der Oberfläche der Ebbetümpel an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Insecta

Apterygota

Die 3 Lepismenspezies meiner Sammlung bestimmte Herr Professor Escherich.

157. *Ctenolepisma lineata* F. San Sebastian, in meinem Haus. 13. 1. 08. — San Sebastian. Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Barranco de la Villa. 13. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08. — Sehr häufig auf Gomera. — Var. *eatonii* Ridl. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. — San Sebastian, unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08. — San Sebastian. Unter Steinen auf der Hochfläche links vom Barranco de la Villa. 2. 1. 08. — Unter der Rinde von *Euphorbia* spec. an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

158. *Ctenolepisma ciliata* Duf. var. San Sebastian, im Hof meines Hauses. 26. 11. 07.

159. *Ctenolepisma longicaudata* Eschrch. (?) San Sebastian, in meinem Haus. 13. 12. 07; 9. 1. 08.

Archiptera

160. Unbestimmte Libellulide. Valle Hermigua, an der Mündung des Tales. 1. 12. 07.

161. Unbestimmte Libellenlarven. Zahlreich im Schlamm eines Bachtümpels im Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 3. 1. 08. — Barranco de la Villa, am Bachrand von Wasserpflanzen abgestreift. 3. 1. 08.

162. Unbestimmte Ephemeridenlarven. San Sebastian, im Schlamm des Baches beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07. — Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian, am Bachrand von Wasserpflanzen abgestreift. 3. 1. 08.

Orthoptera

Meine Sammlung enthält 16 Arten, die Herr Dr. Krauss bestimmte. Nur eine, *Gryllotalpa africana,* ist für die Kanaren neu. Sie wurde zwar von Bolivar als dort vorkommend auf-

geführt, aber ohne näheren Fundort. Für Gomera neu sind 9 Arten.

Dermaptera

163. *Labidura riparia* Pallas. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (♂♂ und ♀♀.)

164. *Anisolabis annulipes* Lucas. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (2 Larven.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 29. 11. 07. (1 ♂, 1 ♀, 1 Larve.); 4. 12. 07. (1 ♀, 1 Larve.) — Agulo, unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb des Ortes, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08. (1 ♂.) — Für Gomera neu.

165. *Anisolabis maxima* Brullé. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. (2 ♂♂, 2 ♀♀.) — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08. (1 ♂, 1 ♀, 3 Larven.) — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 ♀, 3 Larven.) — Für Gomera neu.

Dictyoptera

166. *Aphlebia bivittata* Brullé. Cumbre del Carbonero. Im Moos des Lorbeerwaldes. 4. 1. 08. (Junge Larven.) Für Gomera neu.

167. *Periplaneta americana* L. San Sebastian, in meinem Haus. 9. 1. 08. (1 ♂.)

168. *Rhyparobia maderae* F. San Sebastian, in meinem Haus nachts an verschiedenen Daten gefangen. (5 ♂♂, 6 ♀♀.)

169. *Leucophaea surinamensis* L. Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (1 ♀.)

170. *Leucophaea* oder *Nauphoeta* spec. San Sebastian. An der Mauer meines Hofes. 14. 12. 07. (1 Larve.)

Euorthoptera

171. *Epacromia thalassina* F. Valle Hermigua. Unter Steinen und zwischen Steinhaufen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (2 ♂♂.) — Valle Hermigua. Von Jungen gebracht. 2. 12. 07. (4 ♂♂, 4 ♀♀, 1 Nymphe II.) — Für Gomera neu.

172. *Sphingonotus coerulans* L. San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls im Barranco de la Villa. 13. 1. 08. (1 ♀.) —

San Sebastian. Auf den Berghängen der rechten Talseite auf nacktem Steinboden. 13. 12. 07. (1 ♀.) — San Sebastian. Unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (1 ♂, 2 ♀♀.)

173. *Acrotylus insubricus* Scop. Valle Hermigua. Unter Steinen und zwischen Steinhaufen am Ausgang des Tals. 1. 12. 07. (1 ♀.)

174. *Phaneroptera nana* Charp. Valle Hermigua. (1 ♀.) Für Gomera neu.

175. *Gryllus bimaculatus* de Geer. San Sebastian, unter Steinen am Strand. 24. 12. 07. (2 ♂♂.) — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 ♂.) — Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (1 ♂, 1 ♀.) — Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 26. 1. 08. (1 ♀.) — Valle Gran Rey, unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 ♂.) — Für Gomera neu.

176. *Gryllus brunneri* Sélys. Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (4 Larven.) Für Gomera neu.

177. *Gryllus hispanicus* Ramb. Valle Hermigua. Unter Steinen in einem Bananengarten. 30. 11. 07. (1 junge Larve.) — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal, 300 m Höhe. 2. 12. 07. (3 Larven, 1 ♂.) — Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 4. 12. 07. (8 Larven.) — Barranco de la Villa, unter Steinen am Bach, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 11. 12. 07. (1 ♂, 1 Nymphe I.) — Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 26. 1. 08. (1 ♀, 1 Nymphe II.) — Agulo, unter Steinen, ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 ♂, 1 Nymphe I.) — Für Gomera neu.

178. *Gryllus guanchicus* Krauss. Agulo, unter Steinen, ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 ♂.) Für Gomera neu.

179. *Gryllotalpa africana* Palisot. Valle Hermigua, unter Steinen am Bach. 29. 11. 07; 4. 12. 07. (3 ♂♂, 3 ♀♀, 6 Nymphen I, 8 Nymphen II.)

Neuroptera

180. Unbestimmte Phryganide. 1 Larve. Gehäuse aus kleinen Steinchen zusammengesetzt. Barranco de la Villa, eine Stunde oberhalb San Sebastian, am Bachrand von Wasserpflanzen abgestreift. 3. 1. 08. Für die Kanaren neu.

181. Unbestimmte Phryganide. 1 Larve. Gehäuse aus kleinen Steinchen zusammengesetzt. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen im Bach. 13. 2. 08. Für die Kanaren neu.

Coleoptera

Die Käfer meiner Sammlung wurden bis auf einige Arten von Herrn Dr. Kuntzen bestimmt.

182. *Calathus auctus* Woll. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

183. *Anchomenus nichollsii* Woll. Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales oberhalb Agulo, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

184. *Zabrus* spec. Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Barranco del Balo, unter Steinen der Talsohle. 26. 1. 08. — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

185. *Ophonus* spec. Ermita de las Nieves. Unter Steinen. 1. 3. 08. — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

186. *Trechus flavolimbatus* Woll. Laguna grande. Unter Steinen. 2. 3. 08.

187. *Hydroporus* spec. (?) det. Lauterborn. Benutzen die langen Hinterbeine zum Rudern. Luftblase am hinteren Ende des Körpers. Verbergen sich unter Steinen. Im Bach, eine Stunde oberhalb San Sebastian. 11. 12. 07. — San Sebastian, im Bach beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07.

188. *Cyclonotum hispanicum* Käst. Unter Steinen auf dem sumpfigen Boden der Namesfelder am Rand eines Rinnsales, ca. 400 m hoch. 17. 2. 08.

189. *Staphylinus olens* Müll. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. Höhe gegen 300 m. 2. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08.

190. *Staphylinus* spec. Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

191. *Gonocephalum rusticum* Oliv. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 4. 12. 07.

192. *Blaps* spec. (?) San Sebastian, Hof meines Hauses. 27. 11. 07; 23. 1. 08.

193. *Hegeter amaroides* Sol. Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

194. *Hegeter tristis* F. Valle Hermigua. Unter Steinen in der Nähe des Strandes. 1. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Valle Hermigua. Unter Steinen am Ufer des Baches. 4. 12. 07. — San Sebastian, Hof meines Hauses. 6. 12. 07; 25. 1. 08. — Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao, unter Steinen. 2. 1. 08; 17. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. — Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

195. *Hegeter* spec. San Sebastian. Unter Steinen am Strand. 24. 12. 07.

196. *Pimelia costipennis* Woll. Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal. 2. 12. 07. — Ermita de las Nieves. Sehr häufig unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Laguna grande. Unter Steinen. 2. 3. 08. — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

197. Unbestimmte Curculionide. Unter der Rinde eines Tabaybabaumes (*Euphorbia* spec.) an der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

198. Unbestimmte Curculionide. Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08.

199. *Coccinella septempunctata* L. San Sebastian, im Hof meines Hauses. 19. 1. 08. — San Sebastian, unter Steinen am Strand. 15. 12. 07. — Barranco de la Villa. Unter Steinen am Bachufer. 10. 12. 07. Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

Hymenoptera

Vesparia

200. *Vespa* spec. Valle Hermigua, in einer Tienda. 30. 11. 07.

201. *Polistes* spec. (?) Wabe, auf der unteren Seite eines großen Steines befestigt. San Sebastian, Sandstrand. 24. 12. 07.

Apiaria

202. *Bombus* spec. Valle Hermigua, in einer Tienda. 1. 12. 07.

Formicaria

Die 5 Ameisenspezies meiner Sammlung bestimmte Herr Professor Forel.

203. *Tetramorium caespitum* L. subsp. *punicum* Smith. Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. Unter Steinen. 17. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08.

204. *Monomorium salomonis* L. San Sebastian, auf der Hochfläche nördlich vom Barranco de la Villa, unter Steinen. 2. 1. 08. — Subsp. *subopaca* Smith. San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08.

205. *Messor barbarus* L. subspec. *capitatus* Latr. var. *minor* Andr. San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Unter Steinen auf bewachsenem Boden. 1. 2. 08. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

206. *Camponotus maculatus* F. subsp. *hesperinus* Emery. Bei Agulo unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08.

207. *Camponotus rufoglaucus* Jerdon subsp. *feae* Emery. San Sebastian. Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Tal. 13. 12. 07. — San Sebastian. Unter Steinen auf der Hochfläche links vom Tal. 2. 1. 08. — San Sebastian. Unter Steinen des Talgerölls, 1/4 Stunde oberhalb des Ortes. 13. 1. 08. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

208. Unbestimmte Formicide. Hof meines Hauses. Im Wassereimer gefunden. 22. 12. 07; 23. 12. 07.

Rhynchota

Hemiptera

Die Wanzen meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Handlirsch.

209. *Sciocoris* spec. Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08.

210. *Verlusia sulcicornis* Fabr. Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08.

211. *Scantius aegyptius* L. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07. — Bei Agulo unter Steinen in ca. 400 m Höhe. 15. 2. 08.

212. *Lygaeus militaris* Fabr. Barranco de la Villa unter Steinen am Bach. 10. 12. 07. — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08.

213. *Oneocephalus* spec. Larve. Valle Hermigua. Unter Steinen am Bach. 4. 12. 07.

214. Unbestimmte Hydrodromicide. Regentümpel im Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

Homoptera

Die Schildläuse bestimmte Herr Dr. Lindinger.

215. *Chionaspis canariensis* Lindgr. Auf den Blättern von *Plocama pendula* Ait. Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

216. *Cryptaspidiotus barbusano* Lindgr. Auf den Blättern von *Apollonias canariensis* (Webb). Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

217. *Aphis* spec. Leib gelb, Honigröhren, Fühler, Beine und Augen schwarz. Massenhaft auf Stengel und Blättern von *Gomphorocarpus fruticosus* R. Br. Fast alle ungeflügelt, einzelne geflügelt. Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastians. 10. 12. 07.

Diptera

218. *Culex* spec. Larven. Regentümpel im Barranco de Bilbao. 9. 1. 08. — Regentümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

219. Chironomidenlarven. det. Lauterborn. Machen sich kleine Röhren aus Schlamm. Schwimmen mit zuckender Bewegung. San Sebastian. Im Bach beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07.

220. *Simulia* spec. Larven. det. Lauterborn. Bräunlich, durchscheinend, man sieht den Darm im Innern. Heften sich mit dem Hinterende fest, lassen den freierhobenen Vorderkörper lebhaft schwingen. Bewegen sich nach Art der Spannerraupen, aber in horizontaler Ebene, Kiefer in beständiger Bewegung, beißen sich

gegenseitig. Barranco de la Villa, im Bach unter Steinen. 10. 12. 07; 3. 1. 08.

221. Stratiomyidenlarven. det. Lauterborn. San Sebastian, im Bach beim Tamariskenwäldchen auf schlammigem Grund. 30. 12. 07.

222. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Hof meines Hauses. 5. 12. 07.

223. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Mauer meines Hofes. Dezember 07.

224. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Mauer meines Hofes. 25. 12. 07.

225. Unbestimmtes Dipter. San Sebastian, Mauer meines Hofes. 28. 12. 07.

Aphaniptera

226. *Pulex irritans* L. San Sebastian, im Bett meines Hauses. Sehr große Exemplare. Januar 08.

Lepidoptera

227. *Pieris* spec. Barranco de la Villa, 1 Stunde oberhalb San Sebastian. 10. 12. 07.

228. *Danais chrysippus* L. Barranco de la Villa. 10. 12. 07. (Imagines und Raupen, letztere auf *Gomphorocarpus fruticosus* R. Br.)

229. *Sphinx convolvuli* L. Valle Hermigua. In einer Tienda gefangen. 30. 11. 07.

230. Unbestimmte Psychide. Sack mit Raupe. Valle Hermigua. Unter Steinen bei der Cueva del Sobrado. 2. 12. 07.

231. *Tineola allutella* Rbl. Sack mit Raupe an der Kalkwand des Aborts meines Hauses. San Sebastian. Dezember 07.

Vertebrata

Pisces

Die 5 Fischspezies meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Steindachner.

232. *Gobius paganellus* L. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 28. 12. 07.

233. *Blennius galerita* L. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07; 19. 12. 07; 24. 12. 07.

234. *Blennius sanguinolentus* Pallas. Tümpel auf dem Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07. — Ebbetümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

235. *Mugil capito* Cuv. San Sebastian. Im Schlamm des Baches beim Tamariskenwäldchen. 30. 12. 07; 27. 1. 08.

236. *Lepadogaster candollei* Risso. Ebbetümpel bei der Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Amphibia

237. *Hyla arborea* L. var. *meridionalis* Boettger. Valle Hermigua. Von Jungen abends am Ufer eines dicht bewachsenen Wasserlaufs gefangen. 3. 12. 07. (16 Exemplare: 3 fleckenlos; 7 mit wenigen großen, meist ziemlich undeutlichen runden Flecken; 5 mit zahlreichen kleinen rundlichen, teilweise sehr scharf hervortretenden Flecken, zwischen denen kleine unregelmäßig gestaltete Flecken stehen; 1 dicht und zart gesprenkelt.) — San Sebastian. Von Jungen gebracht. 2. 1. 08; 5. 1. 08; 6. 1. 08. (6 Exemplare, sehr undeutlich gefleckt.) — San Sebastian, im Hof meines Hauses nach einem heftigen Regen. 14. 1. 08. (1 Exemplar mit zahlreichen, deutlich abgegrenzten, dunkelbraunen, rundlichen Makeln und kleinen unregelmäßig gestalteten Flecken.) — Agulo, unter einem Stein in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 Exemplar mit wenigen großen Flecken.) — Valle Gran Rey. Unter einem Stein des Talbodens. 22. 2. 08. (1 Exemplar mit zahlreichen kleinen rundlichen scharf abgegrenzten Flecken, zwischen denen kleine blassere unregelmäßig gestaltete Flecken stehen.)

Reptilia

238. *Lacerta galotti* D. B. Valle Hermigua. Unter Steinen am Ausgang des Tales. 1. 12. 07. (1 junges Exemplar.) — Valle Hermigua. Unter Steinen auf dem Ackerland der Hochfläche westlich vom Tal, ca. 300 m hoch. 2. 12. 07. (2 junge Exemplare.) — Valle Hermigua, am Bach. 4. 12. 07. (3 junge Exemplare.) — Valle Hermigua. Von Jungen gebracht. 4. 12. 07. (2 erwachsene Exemplare.) — San Sebastian. Von Jungen ge-

bracht. 9. 12. 07. (2 erwachsene Exemplare.) — Barranco de la Villa. Unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08. (3 junge Exemplare.) — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 2. 1. 08. (3 junge Exemplare.) — Alto de Garajonay. Unter Steinen. 4. 3. 08. (1 erwachsenes Exemplar.)

239. *Chalcides viridanus* Grav. Valle Hermigua. Unter Steinen an der Mündung des Tales. 1. 12. 07. (2 Exemplare.) — Valle Hermigua. Von Jungen gebracht. 2. 12. 07. (3 Exemplare.) — Wald oberhalb Hermigua unter Steinen am Bach. 13. 2. 08. (1 Exemplar.) -- San Sebastian, von Jungen gebracht. 9. 12. 07. (1 Exemplar.) — Laguna grande. Unter Steinen. 2. 3. 08. (1 Exemplar.)

240. *Tarentola delalandei* D. B. Valle Hermigua. Unter Steinen. 1.—4. Dezember 07. (15 Exemplare.) — San Sebastian. Unter Steinen am Strand. 26. 12. 07. (4 Exemplare.) — San Sebastian, unter Steinen des Talgerölls. 13. 1. 08. (9 Exemplare.) — Unter Steinen auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 2. 1. 08. (5 Exemplare.) — Unter Steinen auf den Bergen rechts vom Barranco de la Villa. 13. 12. 07. (1 Exemplar.) — Ermita de la Guadelupe. Unter Steinen. 26. 1. 08. (1 Exemplar.) — Agulo, unter Steinen in etwa 400 m Höhe. 15. 2. 08. (1 Exemplar.) — Valle Hermoso. Unter Steinen auf bewachsenem Boden an der Mündung des Tales. 19. 2. 08. (4 Exemplare.) — Valle Gran Rey. Unter Steinen des Talbodens. 22. 2. 08. (1 Exemplar.)

Aves

241. *Fringilla canaria* L. San Sebastian. Von Jungen gebracht. 15. 12. 07.

242. *Phylloscopus* spec. San Sebastian. Von Jungen gebracht. 15. 12. 07.

243. *Parus* spec. San Sebastian. Von Jungen gebracht. 15. 12. 07.

Mammalia

244. *Mus musculus* L. In meiner Waschschüssel tot aufgefunden. San Sebastian. 27. 1. 08.

II. Verzeichnis der von mir auf Gomera gesammelten Pflanzen

Thallophyta

Die Algen meiner Sammlung bestimmte Herr Major Reinbold, mit Ausnahme der Kalkalgen, die von Herrn Heydrich bestimmt wurden. Die Flechten bestimmte Herr Dr. Steiner.

Cyanophyceae

1. *Calothrix aeruginea* (Kg.) Thur., verschiedene Algenfragmente (*Enteromorpha, Cladophora*) überziehend. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07.

Chlorophyceae

2. *Enteromorpha compressa* (L.) Grev. forma. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07. — Tümpel an der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

3. *Enteromorpha lingulata* J. Ag. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07; 24. 12. 07.

4. *Enteromorpha linza* (L.) J. Ag. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07.

5. *Enteromorpha prolifera* (Fl. D.) J. Ag. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 24. 12. 07.

6. *Codium tomentosum* (Huds.) Stockh. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07. Die Pallisadenschläuche zum Teil oben am Rande nicht unbeträchtlich verdickt, ähnlich wie bei dem australischen *Codium galeatum* J. Ag.

Phaeophyceae

7. *Sargassum vulgare* Ag. f. *furcatum* Kg. Fragmente und Blätter, besetzt mit Hydropolypen. Cueva del Conde. 8. 1. 08.

8. *Sargassum desfontainesii* (Turn.) Ag. Steriles Fragment. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07.

9. *Cystoseira abies marina* (Gmel.) Ag. Besetzt mit Hydropolypen. Cueva del Conde. 8. 1. 08.

10. *Cystoseira discors* (L.) Ag., besetzt mit *Sphacelaria cirrhosa* (L.) Lbg. und *Ectocarpus* spec. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

11. *Cystoseira pumila* Mont. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 16. 12. 07.

12. *Ectocarpus siliculosus* (Dillw.) Lyngb. Auf Cystoseirafragmenten. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

13. *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derb. u. Sol. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

14. *Hydroclathrus cancellatus* Bory. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

15. *Dictyota dichotoma* (Huds.) Lamx. Junge sterile Pflanze. Tümpel bei der Cueva del Conde. 13. 1. 08.

16. *Padina pavonia* Grev. Felsenstrand zwischen Punta de los Canarios und Barranco del Machal. 28. 12. 07.

Rhodophyceae

17. *Laurencia hybrida* D. C. forma. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07.

18. *Laurencia pinnatifida* (Gmel.) Lamx. Tümpel bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

19. *Gelidium capillaceum* (Gmel.) Kg. forma. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 24. 12. 07. — Auf großen Steinblöcken am Blockstrand bei der Punta de los Canarios. 24. 12 07. (Fragmente und junge Pflanzen, verbleichtes Material.)

20. *Asparagopsis delilei* Mont. Cueva del Conde. 8. 1. 08.

21. *Corallina officinalis* L. Tümpel bei der Punta de los Canarios. 27. 12. 07. — Cueva del Conde. Überziehen große Flächen des Felsbodens. 13. 1. 08.

22. *Corallina virgata* Zan. San Sebastian, am Strand angespült. 15. 12. 07.

23. *Lithophyllum oligocarpum* Fos. Cueva del Conde. 13. 1. 08.

24. *Lithophyllum papillosum* (Zan.) Fos. Felsenstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 28. 12. 07.

25. *Lithothamnium bisporum* Fos. Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08. — Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

26. *Lithothamnium canaricae* Fos. Zweige. Ermita de la Guadelupe. 7. 2. 08.

Eumycetes

27. *Polyporus* spec. (?). Cumbre del Carbonero. An einem Lorbeerbaumstumpf. 4. 1. 08.

28. *Polyporus* spec. (?). Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

29. Unbestimmter Hutpilz. Ermita de las Nieves. Auf Grasboden. 1. 2. 08.

30. Unbestimmter Hutpilz. Ermita de las Nieves. Auf Grasboden. 1. 2. 08.

Lichenes

31. *Lecidea lavicola* Stnr. n. sp. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

32. *Toninia aromatica* (Ach.). Felsen bei der Cueva del Conde. 30. 12. 07. — Roter Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

33. *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. Auf dem Waldboden. Ermita de las Nieves. 1. 2. 08. — Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

34. *Cladonia rangiformis* Hoffm. Auf dem Waldboden. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

35. *Acarospora lavicola* Stnr. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

36. *Lobaria pulmonaria* (L.) var. *papillaris* D. C. Überwuchert dicht die Stämme der Lorbeerbäume. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Wald zwischen dem Alto de Garajonay und der Ermita de las Nieves. 4. 3. 08.

37. *Lobarina serobiculata* (Scrop.) Nyl. Alto de Garajonay. Auf dem Boden. 4. 3. 08.

38. *Peltigera canina* (L.) Hoffm. Überwuchert in dichten Massen den Waldboden. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

39. *Pertusaria sulphurea* Sch. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

40. *Pertusaria* spec. Steril. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

41. *Lecanora luteola* Stnr. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

42. *Ochrolechia parella* (L.) Mass. Felsen bei der Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

43. *Candelariella vitellina* (Ach.). Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

44. *Parmelia nilgherrensis* Nyl. (?) An den Stämmen der Lorbeerbäume. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

45. *Platysma glaucum* Nyl. var. *fallax*. Alto de Garajonay. Auf dem Boden. 4. 3. 08.

46. *Usnea plicata* Ach. Cumbre del Carbonero. An den Stämmen der Heidebäume. 4. 1. 08. — Ermita de las Nieves. Auf *Cistus monspeliensis* L. 1. 2. 08.

47. *Usnea* spec. Von einem Heidebaum. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

48. *Blastenia ferruginea* f. *saxicola* Mass. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

49. *Caloplaca (Gasparrinia) elegans* (Link.) Th. Fr. Felsen bei der Cueva del Conde. 30. 12. 07.

50. *Caloplaca (Gasparrinia) gomerana* Stnr. n. sp. Felsen bei der Cueva del Conde. 30. 12. 07. — Roter Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

51. *Caloplaca (Gasparrinia) serriophila* (Mass.) Zahlbr. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

52. *Theloschistes flavicans* (Sw.) Ermita de las Nieves. Auf dem Boden. 1. 2. 08. — Alto de Garajonay. Von einem Heidebaum. 4. 3. 08.

53. *Rinodina alba* (Metzler) Arld. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

54. *Anaptychia leucomelaena* (L.) Ermita de las Nieves. Auf dem Boden. 1. 2. 08.

Bryophyta

Die Moose meiner Sammlung bestimmte Herr Dr. Herzog.

55. *Neckera intermedia* Brid. Überwuchert die Stämme der Lorbeerbäume, hängt in langen Strähnen herab. 4. 1. 08.

56. *Antitrichia curtipendula* (Hdw.) Brid. Auf dem Boden und an den Heidebäumen. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

57. *Orthotrichum lyelli* Hook. u. Tayl. var. *crispatum* Schiffner. Auf einem Heidebaum und auf *Euphorbia berthelotii* C. Bolle. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

58. *Stereodon cupressiformis* (L.) var. Auf *Erica arborea* L. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

Pteridophyta

Die Pteridophyten meiner Sammlung bestimmte Herr Professor Schenck.

59. *Pteris aquilina* L. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

60. *Adiantum capillus veneris* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

61. *Aspidium canariense* A. Br. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

62. *Cystopteris fragilis* Bernh. Bergwand hinter Agulo. 17. 2. 08.

63. *Asplenium adiantum nigrum* L. var. *acutum*. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

64. *Asplenium hemionitis* L. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

65. *Notochlaena marantae* R. Br. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

66. *Selaginella denticulata* Lk. Überzieht in dichten Rasen den Waldboden. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

Gymnospermae

67. *Juniperus phoenicea* L. Auf den Felsen links von der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

Angiospermae

In die Bestimmung der Angiospermen meiner Sammlung teilten sich die Herren Professor Schenck, Professor Schröter und Dr. Rikli.

Monocotylae

68. *Juncus acutus* L. Bergwand hinter Agulo. 15. 2. 08.

69. *Allium trifoliatum* Cyr. Bergwand hinter Agulo. 15. 2. 08.

70. *Asphodelus fistulosus* L. Barranco del Balo. 26. 1. 08. — Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

71. *Asphodelus microcarpus* Viv. Felskuppe der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

72. *Romulea* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

73. *Tamus edulis* Lowe. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

Dicotylae

74. *Salix canariensis* Chr. Sm. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

75. *Myrica faya* Ait. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

76. *Parietaria judaica* Hoff. Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

77. *Rumex bucephalophorus* L. Weg von Valle Hermoso nach Valle Gran Rey. 21. 2. 08.

78. *Chenopodium* oder *Atriplex* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

79. *Chenopodium* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

80. *Achyranthes aspera* L. Bergwand hinter Agulo. 17. 2. 08.

81. *Aizoon canariense* L. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

82. *Aizoon* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

83. *Persea indica* Spreng. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

84. *Raphanus raphanistrum* L. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08.

85. *Fumaria montana* A. Schmidt. Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

86. *Fumaria* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

87. *Nasturtium officinale* R. Br. Bergwand hinter Agulo. 17. 2. 08.

88. *Cistus monspeliensis* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Ermita de las Nieves. 1. 2. 08.

89. *Hypericum canariense* L. Weg zwischen Agulo und Valle Hermoso. 18. 2. 08.

90. *Tamarix* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07.

91. *Frankenia* spec. Valle Hermoso. 20. 2. 08.

92. *Opuntia ficus indica* Mill. Barranco de la Guancha. 1. 2. 08.

93. *Geranium robertianum* L. Bergwand bei Agulo. 17. 2. 08.

94. *Geranium* spec. Zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

95. *Erodium* spec. Valle Hermoso. 19. 2. 08.

96. *Erodium* spec. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08.

97. *Linum angustifolium* D. C. Chipude. 23. 2. 08.

98. *Zygophyllum fontanesii* Webb u. Berth. Ermita de la Guadelupe. Felsiger Abhang der Landzunge. 21. 12. 07.

99. *Ilex canariensis* Webb. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08; 12. 2. 08.

100. *Euphorbia berthelotii* Bolle. Barranco de Agando. 24. 2. 08. — Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

101. *Euphorbia canariensis* L. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 23. 2. 08

102. *Euphorbia helioscopia* L. Valle Gran Rey. 23. 2. 08.

103. *Euphorbia paralias* L. Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

104. *Euphorbia* spec. Felsenkuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

105. *Astydamia canariensis* D. C. Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

106. *Sempervivum* spec. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08.

107. *Sempervivum* spec. Oberhalb Barranco del Cabrito. 1. 2. 08.

108. *Sedum* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

109. *Sedum* spec. Barranco de Agando. 24. 2. 08.

110. *Rubus* spec. Untere Grenze der Waldregion oberhalb Hermigua. 13. 2. 08.

111. *Lupinus albus* L. Zwischen Alajero und San Sebastian. 24. 2. 08.

112. *Lotus creticus* L. Barranco de la Villa. Zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Valle Hermoso. 19. 2. 08.

113. *Ceratonia siliqua* L. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

114. *Psoralea bituminosa* L. Valle Hermoso. 19. 2. 08.

115. *Adenocarpus foliolosus* Ait. Valle Hermoso. 21. 2. 08.

116. *Epilobium parviflorum* Schreb. Berge hinter Agulo. 17. 2. 08.

117. *Eucalyptus globulus* D. C. Hermigua, unterer Kirchplatz. 14. 2. 08.

118. *Erica arborea* L. Cumbre del Carbonero. 4. 1. 08. — Ermita de las Nieves. 1. 2. 08; 1. 3. 08. — Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

119. *Anagallis arvensis* L. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08. — Barranco de la Villa. 12. 2. 08. — Bergwand hinter Agulo. 15. 2. 08. — Var. *coerulea*. Barranco del Balo. 26. 1. 08.

120. *Jasminum barrelieri* Webb. u. Berth. Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

121. *Gomphorocarpus fruticosus* R. Br. Barranco de la Villa, eine Stunde oberhalb San Sebastian am Bach in großer Menge. Stengel und Blätter dicht mit gelben Blattläusen besetzt. Raupen von *Danais chrysippus* L. 10. 12. 07.

122. *Echium plantagineum* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Alajero. 24. 2. 08.

123. *Nicotiana glauca* L. Valle Gran Rey. 22. 2. 08.

124. *Nicotiana tabacum* L. Valle Hermoso. 20. 2. 08.

125. *Datura arborea* L. San Sebastian. Garten des Columbushauses. 21. 1. 08.

126. *Solanum pseudocapsicum* L. Bergwand bei Agulo. 17. 2. 08.

127. *Lavandula multifida* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Valle Hermoso. 19. 2. 08.

128. *Antirrhinum orontium* L. Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

129. *Leucophaë* spec. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

130. *Sherardia arvensis* L. Ermita de las Nieves. 1. 3. 08.

131. *Plocama pendula* Ait. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07.

132. *Chrysanthemum frutescens* L. Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07. — Var. *parviflorum* Pitard. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07.

133. *Artemisia canariensis* Lees. Barranco del Ingenio. 4. 3. 08.

134. *Calendula arvensis* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Barranco del Balo. 26. 1. 08. — Berge zwischen Agulo und Hermigua. 16. 2. 08.

135. *Senecio (Cineraria) populifolius* D. C. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

136. *Senceio (Cineraria)* spec. Weg zwischen Agulo und Valle Hermoso. 18. 2. 08.

137. *Kleinia neriifolia* Haworth. Oberhalb Barranco del Cabrito. 1. 2. 08.

138. *Bidens pilosa* L. Barranco de la Villa, zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08. — Weg zwischen Valle Hermoso und Valle Gran Rey. 21. 2. 08.

139. *Sonchus jacquini* D. C. Valle Hermoso. 19. 2. 08.

140. *Sonchus* spec. Barranco de Bilbao. 4. 2. 08.

141. *Prenanthes spinosus* Forsk. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 26. 12. 07. — Sandige Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe. 21. 12. 07.

142. *Andryala pinnatifida* Ait. Barranco de la Villa. zwischen Molinito und Cumbre del Carbonero. 12. 2. 08.

143. *Galactites* spec. Bergwand bei Agulo. 15. 2. 08.

144. *Zollikoferia* spec. San Sebastian. Auf dem Sandstrand. 27. 12. 07.

III. Verzeichnis der von mir auf Gomera gesammelten Gesteine

Für die nachfolgende Charakteristik der Laven, Schlacken und Tuffe von Gomera bin ich den Herren Professor Paulcke und Dr. Henglein zu Dank verpflichtet.

Laven

1. Braun verwitterte Gekröselava von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 14. 12. 07.

2. Braun verwitterte Gekröselava mit weißen Kalkspatausblühungen. Von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

3. Kompakte, basaltische Lava von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

4. Kompakte, basaltische Lava mit Hohlraum. Von der Felswand bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

5. Blasige Lava mit deutlicher Fluidalstruktur durch die in die Länge gezogenen Hohlräume. Von dem Trümmergestein bei der Punta de los Canarios. 19. 12. 07.

6. Lava mit weißen, kugeligen Kalkspatausblühungen. Vom Blockstrand zwischen der Punta de los Canarios und dem Barranco del Machal. 16. 12. 07.

7. Dichte, basaltische Lava mit weißen Kalkspatinkrustationen. Vom Blockstrand zwischen dem Barranco del Machal und dem Barranco de la Guancha. 22. 1. 08.

8. Kompakte, basaltische Lava von der Felswand unter dem Weg nach der kleinen Mole am Hafen von San Sebastian. 30. 12. 07.

9. Glasige, poröse, rotbraun verwitterte Lava von der hinteren Wand der Cueva del Conde. 20. 1. 08.

10. Sehr dichte, schwärzliche Lava mit Eisenglanz (?). Von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

11. Massige, feinporöse, schwarze Lava von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

12. Basaltische Lava mit ausgesprochen dünnplattigen Absonderungserscheinungen. Von einer Felswand bei der Cueva de Vargas im Barranco de la Villa. 4. 1. 08.

13. Schwarze, basaltische Lava mit brauner Verwitterungsrinde. Von der Felskuppe auf der Hochfläche zwischen Barranco de la Villa und Barranco de Bilbao. 31. 12. 07.

14. Sehr dichte, basaltische Lava von der Talsohle des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

15. Ziemlich dichte, graubraune Lava, reichlich von Abkühlungsrissen durchsetzt, nach denen das Gestein in eckige Stücke klüftet. Von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

16. Graue Lava mit weißen, kugeligen Kalkspatinkrustationen, an denen die Kristallflächen deutlich sichtbar sind. Von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

17. Feinporöse Lava mit weißen Kalkspatausscheidungen in Hohlräumen. Von dem roten Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

18. Dichte, basaltische Lava mit plattenförmiger Absonderung. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

19. Stark kaolinisierte, weiße Masse, wahrscheinlich stark zersetzte Lava. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

20. Lava mit weißen Kalkspatinkrustationen. Von einem abgestürzten Block am Felsenpfad zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

21. Graue, basaltische Lava vom Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

22. Kaolinisiertes, weißes Gestein (durch Gase und Dämpfe zersetzte Lava). Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

23. Dichte, schwärzliche, einschlußreiche Lava. Am felsigen Abhang der Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe in regellos gelagerten Blöcken aus dem Boden ragend. 21. 12. 07.

24. Graue, basaltische Lava. Tritt am Fuß des felsigen Abhangs der Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe zutage. 21. 12. 07.

25. Graue, basaltische Lava von der Felswand hinter Agulo. 17. 2. 08.

26. Basaltische Lava mit gelbgrünem Mineral. Bildet hohe Wände am oberen Weg von Agulo nach Hermigua. 15. 2. 08.

27. Sehr feldspatreiche, gelbgrüne Lava mit braunen Mangandendriten. Vom oberen Weg zwischen Hermigua und Agulo. 16. 2. 08.

28. Schwarzgrüne, dichte, spezifisch außerordentlich schwere Lava (Diabas). Felsen an der Küste westlich von der Mündung des Valle Hermoso. 19. 2. 08.

29. Graugrüne, olivinreiche Lava (Diabas) von der Felswand an der Küste westlich von der Mündung des Valle Hermoso. Bildet Gänge. 19. 2. 08.

30. Ziemlich dichte, braune Lava mit Sanidin(?)-Tafeln als Einsprenglingen. Barranco de Benchijigua. 24. 2. 08.

31. Dichte, graue Lava mit blauer Anflugfarbe auf Klüften. Valle Gran Rey. 23. 2. 08.

32. Graue, dichte, stark feldspathaltige Lava vom Felsboden auf dem Gipfel des Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

33. Stark kaolinisiertes, weißes Gestein (durch Gase und Dämpfe zersetzte Lava). Weg zwischen Ayamorna und San Sebastian. 24. 2. 08.

34. Lavagerölle und olivinreicher Lavasand von dem Strand bei San Sebastian, der Mündung des Barranco de Bilbao und der Ermita de la Guadelupe. Winter 1907/08.

35. Von der Brandung zerfressenes Lavagestein vom Felsenstrand bei der Punta de los Canarios. 27. 12. 07. — Desgleichen vom Felsenstrand bei den Roques del buen Paso. 20. 1. 08.

Schlacken

36. Schwarze Schlacke aus dem rotbraunen Tuff-Felsen bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

37. Rotbraune Schlacke von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

38. Rotbraune Schlacke von dem roten Felsen an der Mündung des Barranco de Bilbao. 17. 1. 08.

39. Poröse Schlacke aus dem Tuff Nr. 56. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

40. Rotbraune, stark poröse Schlacke mit deutlich teigartig verkneteter Oberfläche. Vom südlichen Talhang des Barranco del Balo. 26. 1. 08.

41. Rotbraune Schlacke. Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

42. Braunrote Schlacke. Chipude. 23. 2. 08.

Tuffe

43. Tuff aus braunroten Aschen. Hohlräume mit weißer Mineralsubstanz (Kalkspat) inkrustiert. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

44. Brauner Tuff aus kleinen, bis erbsengroßen Lapilli. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

45. Grauer Bimssteintuff mit grauen Schlackeneinschlüssen. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

46. Brauner Tuff aus größeren Lapilli. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

47. Feinkörniger, lockerer, gelber Tuff. Hohlräume mit weißer Mineralsubstanz (Kalkspat) inkrustiert. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

48. Weinroter Tuff mit dunkeln, glasigen Schlackeneinschlüssen bis Bohnengröße. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

49. Weinroter, feinkörniger Tuff. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12 07.

50. Brauner Tuff aus größeren Lapilli, bis Taubeneigröße. Von der Felswand über dem Weg nach der kleinen Mole bei San Sebastian. 30. 12. 07.

51. Rotbrauner, lockerer Schlackentuff mit weißem Belag und größeren eingebackenen Schlacken. Von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

52. Dunkelrotbrauner Tuff aus gröberen, bis bohnengroßen verbackenen Schlacken. Von der Felswand bei der Cueva del Conde. 8. 1. 08.

53. Rotbrauner Schlackentuff von der Felswand nördlich von der Mündung des Barranco de Bilbao. 9. 1. 08.

54. Grauer, feinkörniger Aschentuff. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

55. Dichter, grauer Tuff aus ganz feinen Aschen. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

56. Gröberer, dunkelgrauer Tuff mit Einschlüssen weißer, kaolinisierter Brocken und gröberen Einschlüssen poröser Schlacken. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

57. Rotbrauner Tuff mit weißen Flecken eines kaolinisierten Minerals. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

58. Dunkelbraunroter Tuff mit bläulichweißen Mineralausscheidungen auf den Hohlräumen. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

59. Brauner Schlackentuff mit weißen Mineralausscheidungen (Kalkspat) in den Hohlräumen. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

60. Zersetzter Bimssteintuff. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

61. Brauner Tuff mit weißen Mineralausscheidungen (Kalkspat) auf Spalten. Kristallflächen deutlich sichtbar. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

62. Gelbbrauner Tuff mit amorphen, kugeligen Mineralaggregaten. Kristallflächen nicht sichtbar. Von einem abgestürzten Block. Felsenpfad längs der Küste zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 4. 1. 08.

63. Zersetzter, weißer, bimssteinhaltiger Tuff mit hellen Inkrustationen. Weg zwischen Barranco de Bilbao und Barranco del Balo. 7. 2. 08.

64. Blutroter Tuff mit braunen Schlackeneinschlüssen. Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

65. Augitführender, brauner, dichter Tuff. Felsenweg zwischen Barranco del Balo und Ermita de la Guadelupe. 26. 1. 08.

66. Tuff aus braunen und rotbraunen Schlacken mit kleinen Schneckenschalen. Bildet Schichten am Weg, der nach der Ermita de la Guadelupe abwärts führt. 26. 1. 08.

67. Ziegelroter Tuff. Tritt am Fuß des felsigen Abhangs der Landzunge bei der Ermita de la Guadelupe zu Tage. 21. 12. 07.

68. Tuff mit bunten Schlacken. Von der Felswand hinter Agulo. 17. 2. 08.

69. Kaolinisierter, gelber Tuff. Barranco de Tagora. 18. 2. 08.

70. Gefritteter Tuff. Valle Hermoso. Zum Bauen von Mauern benutzt. 20. 2. 08.

71. Tuff aus bunten Schlacken. Vega y Pala. 24. 2. 08.

72. Grauer Bimssteintuff vom Blockmeer im Barranco de Chinguay. 23. 2. 08.

73. Zersetzter, brauner Tuff mit hellen Flecken und Manganbelag. Waldboden zwischen Laguna grande und Valle Hermoso. 2. 3. 08.

74. Äußerst stark zersetzter, braunroter Tuff. Waldboden zwischen Laguna grande und Valle Hermoso. 4. 3. 08.

75. Gelber, schwarzgesprenkelter Tuff. Alto de Garajonay. 4. 3. 08.

IV. Verzeichnis der von mir benutzten Literatur

1. **Barker-Webb, S.** et **Sabin Berthelot,** Histoire naturelle des iles canaries. Bd. 1, Teil 1: Ethnographie et les annales de la conquète; Teil 2: Miscellanées canariennes. Bd. 2, Teil 1: Géographie descriptive, La statistique, La Géologie; Teil 2: Zoologie. Bd. 3, Teil 1: Géographie botanique; Teil 2: Phytographia canariensis. Paris 1836—1850.

2. **Berwerth, Fritz,** Über vulkanische Bomben von den kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 9, 1894.

3. **Biermann, W.,** Zur physischen Geographie der kanarischen Inseln. Globus, Bd. 52, 1887.

4. **Bösenberg, W.,** Beitrag zur Kenntnis der Arachniden-Fauna von Madeira und den kanarischen Inseln. Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Hamburg, Bd. 13, 1895.

5. **Böttger, Oskar,** Reptilien von Marokko und von den kanarischen Inseln. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, Bd. 9, 1873—1875.

6. **Bolle, C.,** Bemerkungen über die Vögel der kanarischen Inseln. Journal für Ornithologie, 1854, 1855.

7. — Mein zweiter Beitrag zur Vogelkunde der kanarischen Inseln. Journal für Ornithologie, 1857.

8. — Der wilde Kanarienvogel. Journal für Ornithologie, 1858.

9. — Die kanarischen Inseln. I. Allgemeines. Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, Neue Folge, Bd. 10, 1861. II. Historischer Umriß. Ebenda. III. Die einzelnen Inseln. 1. Tenerife. Ebenda, Bd. 11, 1861. 2. Gomera. Ebenda, Bd. 12, 1862.

10. — Die Standorte der Farne auf den kanarischen Inseln. I. Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, Bd. 14, 1863.

II. Ebenda, Bd. 17, 1864. III. u. IV. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Bd. 1, 1866.

11. **Brown, A. Samler,** Madeira, Canary Islands and Azores. 8. Edition. London 1905.

12. **v. Buch, Leopold,** Physikalische Beschreibung der kanarischen Inseln. Berlin 1825.

13. **Christ, H.,** Vegetation und Flora der kanarischen Inseln. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 6, 1885.

14. — Eine Frühlingsfahrt nach den kanarischen Inseln. Basel, Genf und Lyon 1886.

15. — Spicilegium canariense. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 9, 1888.

16. — Euphorbia berthelotii C. Bolle. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 13, 1891.

17. **Chun, Karl,** Aus den Tiefen des Weltmeeres. Jena 1900.

18. **Ellerbeck, J. H. T.,** A guide to the Canary Islands. London o. J.

19. **Engler, Adolf,** Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. Teil 1. Leipzig 1879.

20. **v. Fritsch, K.,** Reisebilder von den kanarischen Inseln. Gotha 1867.

21. —, **G. Hartung** und **W. Reiß,** Tenerife, geologisch-topographisch dargestellt. Winterthur 1867.

22. — und **W. Reiß,** Geologische Beschreibung der Insel Tenerife. Winterthur 1868.

23. **Gagel, Curt,** Die Caldera von La Palma. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 1908.

24. — Über die Bezeichnung der vulkanischen Kesseltäler und Schluchten. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, 1908.

25. — Der Pik de Teyde auf Tenerife. Himmel und Erde, 1908.

26. — Das Grundgebirge von La Palma. Monatsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 60, 1908.

27. — La Palma. Westermanns Monatshefte, Bd. 53, 1909.

28. **Greef, Richard,** Madeira und die kanarischen Inseln in naturwissenschaftlicher, besonders zoologischer Beziehung. Marburg 1872.

29. **Hahn, F. G.,** Inselstudien. Leipzig 1883.

30. **v. Humboldt, Alexander,** Reise in die Aequinoktialgegenden des neuen Kontinents. Deutsch von Hermann Hauff. Bd. 1. Stuttgart o. J.

31. **v. Knebel, Walther,** Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro. Globus, Bd. 90, 1906.

32. — Theorien des Vulkanismus. Globus, Bd. 91, 1907.

33. **Kobelt, W.,** Die Molluskenfauna der makaronesischen Inseln. Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde, Bd. 49, 1896.

34. — Die Verbreitung der Tierwelt. Leipzig 1902.

35. **Koelbel, K.,** Beiträge zur Kenntnis der Crustaceen der kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 7, 1892.

36. **Koenig, A.,** Teneriffa in zoologischer Beziehung. Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens, Jahrg. 47, 1890.

37. — Ornithologische Forschungsergebnisse einer Reise nach Madeira und den kanarischen Inseln. Journal für Ornithologie, Bd. 38, 1890.

38. **Kohlrausch, E.,** Gattungen und Arten der Scolopendriden. Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 47, Bd. 1, 1881.

39. **Kraepelin, K.,** Zoologische Ergebnisse einer Frühjahrs-Exkursion nach Madeira und den kanarischen Inseln. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg, 1894.

40. **Krauß, H.,** Ein Nachtfang auf Teneriffa. Entomologische Nachrichten, Jahrg. 16, 1890.

41. — Systematisches Verzeichnis der kanarischen Dermapteren und Orthopteren mit Diagnosen der neuen Gattungen und Arten. Zoologischer Anzeiger, Jahrg. 15, 1892.

42. **Lindinger, Leonhard,** Afrikanische Schildläuse IV. Kanarische Cocciden. Jahrbücher der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten, Bd. 28, 1910.

43. **v. Löher, Franz,** Nach den glücklichen Inseln. Bielefeld und Leipzig 1876.

44. **May, Walther,** Meine zoologische Studienreise nach den kanarischen Inseln. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe, Bd. 21, 1907/08.

45. **May, Walther**, Wanderungen auf La Palma. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe, Bd. 24, 1910/11.

46. — Die Caldera von La Palma. Aus der Natur, Jahrg. 6, 1911.

47. **Meyer, Hans**, Die Insel Tenerife. Leipzig 1896.

48. **Meyer, Victor**, Märztage im kanarischen Archipel. Leipzig 1893.

49. **v. Neumayer, G.**, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. 3. Auflage. Hannover 1906.

50. **Pax, Ferdinand**, Die Aktinienfauna Westafrikas. Denkschriften der Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Jena, Bd. 13, 1908.

51. — Aktinienstudien. II. Aktinien von Gomera. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. 45, 1909.

52. **Rathschüler, Josef**, Die kanarischen Inseln in Wort und Bild. Leipzig o. J.

53. **Rebel, H.** und **A. Rogenhofer**, Beiträge zur Lepidopterenfauna der Kanaren. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 7, 1892. Bd. 9, 1894. Bd. 11, 1896. Bd. 13, 1898. Bd. 21, 1906.

54. **Reiß, W.**, Die Diabas- und Lavenformation der Insel Palma. Wiesbaden 1861.

55. **v. Richthofen, Ferdinand**, Führer für Forschungsreisende. Hannover 1901.

56. **Sapper, K.**, Die kanarischen Inseln. Geographische Zeitschrift, Jahrg. 12, 1906.

57. **Scharff, R. F.**, Some remarks on the Atlantis problem. Proceedings of the Royal Irish Academy, Bd. 24, 1902—04.

58. **Schenck, H.**, Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der kanarischen Inseln. Mit Einfügung hinterlassener Schriften A. F. W. Schimpers. Jena 1907.

59. **Schröter, C.**, Eine Exkursion nach den kanarischen Inseln. Zürich o. J.

60. **Simony, Oskar**, Photographische Aufnahmen auf den kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 16, 1901.

61. **Simroth, H.**, Zur Kenntnis der Azorenfauna. Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 54, Bd. 1, 1888.

62. **Steindachner, Franz,** Über die Reptilien und Batrachier der westlichen und östlichen Gruppe der kanarischen Inseln. Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien, Bd. 6, 1891.

63. **Strand, Embrik,** Arachniden von der kanarischen Insel Gomera, gesammelt von Herrn Prof. Dr. W. May. Archiv für Naturgeschichte, 1911, I, 2.

64. **Wallace, A. R.,** Die geographische Verbreitung der Tiere. Deutsch von A. B. Meyer. Dresden 1876.

65. — Island Life. London 1902.

66. **Walther, Johannes,** Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 3 Bände. Jena 1893—94.

Energiequanten und Magnetonen.

Von **Dr. O. Lehmann.**

Erwärmen wir einen Körper, halten wir z. B. einen Eisenstab in eine Flamme, so wird seine Temperatur ganz stetig immer höher. Die Moleküle, die kleinsten Partikelchen, aus welchen wir das Eisen zusammengesetzt denken, kommen, wie wir uns vorstellen, in immer stärkere, zitternde Bewegung. Diese Schwingungen, welche zum Teil Schwingungen der das Molekül zusammensetzenden Atome und Elektronen sind, bei festen Körpern sogar vorwiegend, empfinden wir als Wärme, ihre Heftigkeit als Temperatur. Die Bewegung wird im erwähnten Fall auf die Eisenmoleküle übertragen durch die anstoßenden in noch lebhafterer Bewegung befindlichen Moleküle der heißen Verbrennungsgase. Bei einem eingeschlossenen Gase ist die molekulare Bewegung auch Ursache des auf die Gefäßwände ausgeübten Druckes. Vermindern wir die Temperatur um einen Grad, so sinkt der Druck um $\frac{1}{273}$ seines Wertes. Kühlen wir also auf -273° ab, so wird der Druck Null; die Moleküle bewegen sich also nicht, sie besitzen keine Wärme mehr, denn die Wärme besteht eben in ihrer Bewegung; dieser Punkt ist der absolute Nullpunkt der Temperatur. Die von ihm aus gerechnete Temperatur heißt absolute Temperatur und wird mit T bezeichnet. Sei das oben betrachtete Stück Eisen auf den absoluten Nullpunkt abgekühlt und erwärmen wir es, so müßten der bisherigen Auffassung zufolge die anfänglich ruhenden Moleküle stetig in immer stärkeren Schwingungszustand kommen. Wird das Eisen durch Ausstrahlung der Wärme wieder kälter, so müßte der Schwingungszustand der Moleküle stetig geringer werden. Die von M. Planck begründete, von A. Einstein erweiterte, neue Energiequantentheorie sagt nun aus, das könne unmöglich richtig sein, ein Molekül könne

Schwingungsenergie immer nur staffelweise, in bestimmten Quanten, abgeben oder aufnehmen, die das Produkt einer für alle Stoffe gleichen Zahl, des sog. Wirkungsquantums mit seiner Frequenz, d. h. der Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, sind.

Um zu verstehen, wie Planck und Einstein zu dieser merkwürdigen, anscheinend allen unseren Erfahrungen widersprechenden Auffassung gelangen konnten, ist es nötig, zunächst die beiden Hauptsätze der Wärmelehre zu betrachten.

Ein Kilogrammstück in einer Höhe von 3600 km gegen die Erde fallend gedacht, erhält durch seine Schwere pro Sekunde eine Zunahme an Geschwindigkeit von 1 m pro Sekunde; man sagt, seine Schwere oder sein Gewicht betrage dort 1 Dezimegadyne. An der Erdoberfläche ist die Fallbeschleunigung 9,81 m (für Karlsruhe), somit ist hier die Schwere des Kilogrammstücks 9,81 Dezimegadynen und die Schwere von $\frac{1}{9,81}$ kg = 1 Dezimegadyne. Hebt man ein solches Gewichtstück von 1/9,81 kg, also von der Schwere 1 Dezimegadyne um 1 Meter in die Höhe, so hat man die Arbeit 1 Joule geleistet. Das gehobene Gewichtstück kann, etwa ein Uhrwerk betreibend, dieselbe Arbeit wieder leisten, es besitzt, wie man sagt, die potentielle Energie 1 Joule. Fällt es frei 1 m herab, so verwandelt sich seine potentielle Energie in Bewegungsenergie, die nach dem Gesetz der Erhaltung der Energie, welches auch erster Hauptsatz der Wärmelehre ist, ebenfalls 1 Joule betragen muß. Beim Aufstoßen auf eine unelastische Unterlage kommt das Gewichtstück zur Ruhe und der erste Wärmesatz sagt aus, die dabei auf Kosten der Bewegungsenergie entstehende Wärme betrage ebenfalls 1 Joule. Man hat gefunden, daß, um 1 kg Wasser um 1 Grad Celsius zu erwärmen, die Wärmeenergie oder Wärmemenge 4189 Joule erforderlich ist. Diese Wärmemenge nennt man auch 1 Kalorie und die Zahl 4189 das »mechanische Wärmeäquivalent«. Stellen wir uns nun einen mit Druckluft gefüllten Kessel vor, welcher sich durch einen Hahn in Verbindung setzen lasse mit einem reibungslos arbeitenden Druckluftmotor, der durch eine geeignete Vorrichtung, etwa durch ein um das Schwungrad gelegtes beliebig zu spannendes Band gebremst werden könne. Der Auspuff des Motors münde in einen geräumigen vollkommen evakuierten Kessel. Die beweglichen Teile des Motors seien aus so leichtem Material gefertigt, daß ihre Bewegungsenergie ver-

nachlässigt werden könne. Öffnen wir nun den Hahn, während das Bremsband mäßig angezogen ist, so kommt der Motor in Gang und leistet Arbeit gegen die Bremse, welche die auftretende Bewegungsenergie sofort in Wärme verwandelt, die durch Leitung und Strahlung verloren geht. Die pro Sekunde geleistete Arbeit betrage A Joule, was man auch so ausdrücken kann, der Effekt des Motors sei A Watt, da eine ständige Arbeitsleistung von 1 Joule pro Sekunde als der Effekt 1 Watt bezeichnet wird. Dem ersten Wärmesatz zufolge muß eine der geleisteten Arbeit gleiche Wärmemenge verschwinden, die Druckluft muß sich abkühlen. Die Änderung der in ihr enthaltenen Energie betrage U Joule. Fände keine Wärmezuleitung aus der Umgebung statt (wäre der Prozeß ein adiabatischer), so müßte natürlich $U = A$ sein. Wird nun aber der Prozeß isotherm geleitet, d. h. strömt der Vorrichtung beständig soviel Wärme, es seien Q Joule pro Sekunde, zu, daß die Temperatur konstant bleibt, so ist die Energieabnahme natürlich um diesen Betrag geringer, es ist $U = A - Q$. Man könnte auch erst adiabatische Expansion eintreten lassen und dann erwärmen. Sobald der Endzustand derselbe ist, ist auch die Energieänderung U dieselbe, sie hängt nach dem ersten Wärmesatz nicht ab von dem Wege, auf welchem der Endzustand erreicht wurde.

Würde man das Bremsband ganz locker lassen, so daß $A = 0$ und würde auch keine Wärme zugeführt, also $Q = 0$, so wäre $U = 0$. Die Luft würde sich zwar vorübergehend auch in diesem Fall abkühlen, da sie in Bewegung gerät, aber durch innere Reibung würde die Bewegungsenergie alsbald wieder in Wärme übergehen, so daß sich die Anfangstemperatur wiederherstellen müßte[1]. Die Arbeit A wird um so größer, je stärker man das Bremsband anzieht, und sie wird ein Maximum, wenn der durch die Bremsung auf den Kolben ausgeübte Gegendruck eben gleich dem Druck der Druckluft ist. Dann kann sich der Kolben ebensogut nach der einen wie nach der anderen (entgegengesetzten) Richtung bewegen, d. h. die Vorrichtung kann sowohl als Motor wie als Kompressionspumpe wirken. In letzterem Fall wird Arbeit verbraucht und dafür durch Kompression des Gases Wärme

[1] Streng gültig nur für ein sog. vollkommenes Gas; bei einem unvollkommenen (z. B. Luft) ist (infolge molekularer Änderungen) die Expansion mit Abkühlung (von welcher bei Linde's Luftverflüssigungsverfahren Gebrauch gemacht wird), bei einem übervollkommenen (z. B. Wasserstoff bei Zimmertemperatur) mit Erwärmung verbunden.

erzeugt. Wird im ersten Fall der Vorgang gleichzeitig isotherm geleitet, d. h. wird beständig soviel Wärme zugeführt, daß die Temperatur konstant bleibt, so ist für ein vollkommenes Gas $U = 0$ also $A = Q$, d. h. die aufgenommene Wärme wird vollständig in mechanische Arbeit umgesetzt.

Im Prinzip stellt die Vorrichtung in dieser Anwendung, falls man bei stark erhöhter Temperatur arbeitet, einen Heißluftmotor dar. Praktisch brauchbar ist ein solcher nicht, denn man kann den Zylinder nicht unendlich lang machen; der Kolben muß vielmehr wieder zurückkehren können, d. h. es muß ein Auspuff angebracht sein. Die durch diesen austretende Luft nimmt dann aber ein beträchtliches Quantum Wärme mit sich fort, welches nicht in Arbeit umgesetzt wurde. Bei den wirklichen Heißluftmotoren läßt man deshalb die Luft nicht austreten. Würde man sie einfach unter Konstanthaltung der Temperatur beim Rückgang des Kolbens komprimieren lassen bis zum Anfangszustand, so würde die ganze gewonnene Arbeit wieder verzehrt werden, der Motor wäre wieder völlig unbrauchbar. Man hilft sich deshalb so, daß man die Luft nach der isothermen Expansion sich noch adiabatisch ausdehnen läßt, wobei sie sich abkühlt, so daß zur Kompression auf den Anfangszustand (erst isotherm, dann adiabatisch) eine geringere Arbeit genügt. Dabei ergibt sich nach dem ersten Wärmesatz die Energieänderung $U = A - Q$ für den zweiten Weg ebenso groß wie für den ersten, abgesehen vom Vorzeichen, obschon A und Q andere Werte A_1, Q_1 haben, so daß die nutzbare Arbeit $= A - A_1$ und der Wärmeverbrauch $Q - Q_1$ beträgt; ferner folgt ein allgemein auch für andere Wärmekraftmaschinen gültiges Gesetz, der zweite Wärmesatz, welcher lautet: Der Bruchteil der im ganzen zugeführten Wärme, der sich in nutzbare mechanische Arbeit umsetzen läßt, wird bestimmt durch das Verhältnis des Temperaturgefälles (des Temperaturunterschiedes bei Expansion und Kompression) zur absoluten Temperatur bei der Expansion. Ist letztere T, des Temperaturgefälle dT, die zugeführte Wärme Q und die geleistete Arbeit dA, so hat man somit $dA = \frac{Q}{T} dT$. Der Satz erinnert einigermaßen an den Satz von der Arbeit eines Wassermotors, denn der Effekt eines solchen ist gleich dem Gewicht des pro Sekunde durchgehenden Wassers multipliziert mit dem Gefälle des Wassers. Auf Grund dieser

Analogie hat man deshalb auch den Quotienten $\frac{Q}{T}$ das »Wärmegewicht« genannt. In der Tat ist, wenn Q_1 die von der Maschine abgegebene Wärme bedeutet und T_1 die Temperatur (der Kompression), bei welcher sie abgegeben wurde, das abgegebene Wärmegewicht $\frac{Q_1}{T_1}$ ebensogroß wie das aufgenommene $\frac{Q}{T}$, falls die Maschine eine möglichst vollkommene ist. Im allgemeinen ist aber das abgegebene Wärmegewicht größer als das aufgenommene. Auch dieser Satz gilt allgemein, und zwar nicht nur für Wärmekraftmaschinen, sondern für jeden Energieumsatz, derart, daß wenn man die Summe aller der Wärmegewichte, die man einem System zuführen muß, um es vom absoluten Nullpunkt an in seinen tatsächlichen Zustand überzuführen, die Entropie des Systems, nach der Umwandlung größer ist als zuvor.

Um beispielsweise 1 kg eines Gases um dT Grad beim Druck p Dezimegadynen pro Quadratmeter zu erwärmen, braucht man die Wärmemenge $c_p \cdot dT$ Joule, wenn c_p die spezifische Wärme bei konstantem Druck, d. h. die Zahl Joule bedeutet, welche bei konstantem Druck eine Erwärmung um 1° hervorbringen würde. Demgemäß ist die Änderung der Entropie $dS = c_p \cdot \frac{dT}{T}$ oder wenn c_v die spezifische Wärme bei konstantem Volumen und v das spezifische Volumen d. h. das Volumen von 1 kg in Kubikmetern und dv dessen Änderung: $dS = \frac{1}{T}(c_v\, dT + p \cdot dv)$. Nun gilt für alle Gase das sogenannte Gasgesetz: $\frac{p \cdot v}{T} = \frac{8319}{m}$, worin m das Molekulargewicht des Gases ist; also ist $dS = c_v \cdot \frac{dT}{T} + \frac{8319}{m} \cdot \frac{dv}{v}$ und $S = c_v\, ln\, T + \frac{8319}{m}\, ln\, v + S_1$ Joule pro Grad, wobei S_1 eine Konstante bedeutet, deren Wert sich nicht ohne weiteres bestimmen läßt, indes im allgemeinen gleichgültig ist, da gewöhnlich nur Änderungen der Entropie in Betracht kommen.

Befindet sich nun das Gas in einem geschlossenen wärmeundurchlässigen Gefäß und wird es mit einer in gleicher Art abgeschlossenen Gasmasse von niedrigerer Temperatur T_1 vermischt, so bleibt die ganze den beiden Gasmassen zugeführte Wärmemenge $Q + Q_1$ ungeändert, wohl aber ändert sich die Entropie, und zwar wächst sie, da die Temperatur etwa auf den Wert T_2 sinkt, denn $\frac{Q}{T} + \frac{Q_1}{T_1} < \frac{Q+Q_1}{T_2}$. Der Endzustand dieses Wärmeleitungs-

prozesses ist eingetreten, sobald die Entropie ihren Maximalwert erreicht hat.

In welcher Weise läßt sich nun dieses Streben der Entropie, einen Maximalwert anzunehmen, deuten? Das Gasgesetz kann der kinetischen Gastheorie zufolge abgeleitet werden aus der Annahme, der Druck des Gases auf die Gefäßwände sei bedingt durch die Stöße der Moleküle und die absolute Temperatur entspreche der kinetischen Energie der Moleküle, wachse also mit dem Quadrat ihrer mittleren Geschwindigkeit. Weiter ist anzunehmen 1 Kilogrammatom, d. h. eine Quantität des Gases, die soviel Kilogramm wiegt als das Atomgewicht beträgt, enthalte $640 \cdot 10^{24}$ Atome (oder 1 Kilogrammol $640 \cdot 10^{24}$ Moleküle), deren Geschwindigkeiten nach dem Maxwellschen Gesetz verteilt sind, d. h. so daß die mittlere Geschwindigkeit am häufigsten vorkommt und größere und kleinere, nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit weniger, in gleicher Weise wie etwa fehlerhafte Beobachtungen bei Messungen. Hieraus folgt sodann, daß die mittlere Bewegungsenergie eines Atoms pro Freiheitsgrad $= \frac{13{,}46}{2} \cdot 10^{-24}\, T$ Joule betragen muß, wobei 13,46 die auf ein Atom bezogene Gaskonstante $\left(= \frac{8319}{640 \cdot 10^{24}}\right)$ ist. Da ein Atom drei voneinander unabhängige Bewegungskomponenten nach den drei Dimensionen des Raumes haben kann, ist hiernach die mittlere Bewegungsenergie eines Atoms bei der Temperatur T Grad $= 20{,}20 \cdot 10^{-24}\, T$ Joule.

Bei Vermischung des heißen Gases mit dem kalten wird sich die Verteilung der Werte der Geschwindigkeit so lange ändern müssen, bis im Mittel jedes Molekül wieder die, dieser Formel entsprechende, durch die nunmehr niedriger gewordene Temperatur T_2 bestimmte Energie besitzt, was dann der Fall sein wird, wenn die Verteilung der Geschwindigkeiten wieder dem Maxwellschen Gesetz entspricht, d. h. wenn sie diejenige geworden ist, die die größte Wahrscheinlichkeit besitzt. Augenscheinlich ist somit das Streben der Entropie, einen Maximalwert anzunehmen, identisch mit dem selbstverständlichen Vorgang, daß die Verteilung der Geschwindigkeiten dem wahrscheinlichsten Zustande zustrebt; mit andern Worten, die Entropie muß proportional sein der Wahrscheinlichkeit des vorhandenen Zustandes, wie zuerst L. Boltzmann gezeigt hat. Um diese Wahrscheinlichkeit zu finden, stelle man

die Gesamtenergie E des Gases durch eine geradlinige Strecke dar[1] und teile diese in eine sehr große Anzahl gleicher kleiner Abschnitte, z. B. 1000. Die Atome mögen numeriert werden und in den ersten Abschnitt notiere man die Nummern der Atome (Moleküle), welche in einem bestimmten Moment die Energie 0 bis $\frac{E}{1000}$ besitzen, in den zweiten die Nummern der Atome, welche die Energie $\frac{E}{1000}$ bis $\frac{2E}{1000}$ besitzen, in den dritten die Nummern derjenigen, welche die Energie $\frac{2E}{1000}$ bis $\frac{3E}{1000}$ haben usw. In einem andern Momente wären natürlich andere Nummern einzutragen, in einem dritten wieder andere. Ermittelt man nun die Zahl aller möglichen derartigen Verteilungen der Atomnummern auf die Intervalle, so hat man die gesuchte Wahrscheinlichkeit W des betreffenden Zustandes und es ist die Entropie bezogen auf 1 Atom $= 13{,}46 \cdot 10^{-24}\, ln\, W + \text{Const.}\, \frac{\text{Joule}}{\text{Grad}}$. Daß auch hier, wie bei dem oben gegebenen Ausdruck für die Entropie eine unbestimmte Konstante hinzukommt, erklärt sich in folgender Weise. Würde man die Abschnitte kleiner, also ihre Zahl größer wählen, so würde entsprechend auch W größer werden. Der Proportionalitätsfaktor ist unbestimmt und beim Bilden des Logarithmus erhält man die Summe der Logarithmen von W und des Logarithmus des Proportionalitätsfaktors. Letzterer ist augenscheinlich die unbestimmte Konstante.

Denken wir uns wieder ein mit Gas gefülltes, geschlossenes, für Wärme undurchdringliches Gefäß. In demselben mögen sich ferner ein heißer und ein kalter Körper befinden. Durch Leitung wird der heiße Körper Wärme an das Gas abgeben und der kalte wird solche von diesem aufnehmen. Gleichgewicht tritt ein, sobald die Temperatur überall dieselbe, die Entropie ein Maximum geworden ist. Ganz derselbe Vorgang wird nun aber eintreten wenn wir die Wände des Gefäßes innen vollkommen spiegelnd denken und das Gas daraus völlig entfernen, so daß Wärmeleitung unmöglich wird. In diesem Falle erfolgt die Wärmeübertragung durch Strahlung; die sich genau so verhält, wie wenn sie eine Temperatur hätte wie das wärmeleitende Gas. Wieder tritt Gleichgewicht ein, wie wenn die Entropie ein Maximum geworden

[1] Siehe M. Planck, Physik. Zeitschr. 13, 173, 1912.

wäre; doch in welcher Weise könnte in diesem Falle von einer Entropie gesprochen werden, die doch als Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des Zustandes, des durchstrahlten Raumes gedeutet werden müßte, während dieser aber leer ist? Nehmen wir den einfachen Fall, ein heißer Körper kühle sich im leeren Raume lediglich durch Strahlung ab. Seine Temperatur wird niedriger, aber entsprechend auch sein Wärmeinhalt, d. h. die Entropie bliebe ungeändert. Sie muß aber dem zweiten Wärmesatz entsprechend im ganzen wachsen; somit bleibt nur übrig anzunehmen, auch der Strahlung komme Entropie zu. Dieses Ergebnis steht nun aber in direktem Gegensatz zu der durchaus sicher (von H. Hertz) begründeten elektromagnetischen Theorie der Strahlung, welcher zufolge dieselbe besteht aus elektrischen und magnetischen Zuständen des durchstrahlten Mediums (des Äthers), d. h. elektrischen und magnetischen Feldern, von welchen Hunderte von Billionen pro Sekunde, abwechselnd von entgegengesetzter Richtung, von dem strahlenden Körper ausgehen und mit einer Geschwindigkeit von 300 Millionen Meter in gerader Richtung in den Raum hinauseilen.

Der einfachste Fall einer solchen elektromagnetischen Strahlung ist der der Hertzschen Strahlen, wie sie in der drahtlosen Telegraphie verwendet werden. Zwei Leiter (Antenne und Gegengewicht), die den sogenannten Oszillator bilden, werden entgegengesetzt elektrisch gemacht, bis Entladung zwischen ihnen eintritt. Infolge der Selbstinduktion ist die Entladung eine oszillierende. Die elektrische Energie, welche $\frac{1}{2} C \cdot E^2$ Joule beträgt, wenn C die Kapazität der beiden Leiter in Farad und E ihre Spannungsdifferenz in Volt bedeutet, wandelt sich in magnetische Energie um, deren Menge auch ausgedrückt werden kann durch die Formel $\frac{1}{2} L J^2$ Joule, wenn L der Selbstinduktionskoeffizient in Henry und J die Stromstärke in Ampère. Diese geht dann wieder in elektrische Energie über usw., so daß eine vollständige Schwingung $2\pi\sqrt{CL}$ Sekunden beansprucht. Der Abstand zweier aufeinanderfolgender gleichgerichteter Felder, die sogenannte Wellenlänge der Strahlung beträgt $3 \cdot 10^8 \cdot 2\pi\sqrt{CL}$ Meter. Die Hälfte dieser Wellenlänge ist die Länge des Ozillators. Für die äußersten Wärmestrahlen hat man so die Länge des Oszillators zu 50, für die äußersten chemischen Strahlen zu 0,05 Tausendtel Millimeter

bestimmt. Für die sichtbaren Strahlenarten liegt sie zwischen diesen äußersten Grenzwerten. Hieraus geht hervor, daß es die einzelnen Moleküle der Körper sein müssen, welche die genannten Strahlenarten aussenden, daß sich also in ihnen Elektronen in schwingender Bewegung befinden müssen.

Fällt die Strahlung auf einen Körper, welcher Resonatoren enthält, d. h. Moleküle von gleicher Eigenschwingungsdauer wie die Oszillatoren, so bringt sie diese auf Kosten ihrer Energie in Mitschwingung; sie kann somit einen solchen Körper nicht oder nur abgeschwächt durchdringen, sie wird von ihm absorbiert oder reflektiert. Ein absolut schwarzer Körper ist ein solcher, welcher Strahlenarten von allen möglichen Frequenzen absorbiert, indem er ihre Energie in Wärme umsetzt. Ein absolut weißer oder blanker Körper reflektiert alle Strahlenarten ohne Schwächung; ein selektiv reflektierender oder absorbierender Körper reflektiert bezw. absorbiert nur eine oder einige Strahlenarten.

Nehmen wir nun der Einfachheit halber an, in dem spiegelnden luftleeren Hohlraum befänden sich nur ein einziger Oszillator und ein einziger Resonator. Zwischen beiden wird dann eine Energieübertragung stattfinden ähnlich wie zwischen zwei gleichen durch einen elastischen Faden verbundenen Pendeln. Bekanntlich geht bei solchen die Energie zunächst vollständig auf den Resonator über, dann von diesem wieder auf den Oszillator usw. Ähnliches beobachtet man auch bei pendelartig nebeneinander aufgehängten elastischen Kugeln. Läßt man die eine gegen die andere stoßen, dann nimmt diese zunächst die ganze Energie auf, überträgt sie dann wieder durch Stoß auf die erste usw. Geht wie im betrachteten Fall keine Energie verloren, so muß das Hin- und Herpendeln immerfort andauern, es kann niemals ein Gleichgewichtszustand eintreten. Auch ein gestoßener, vollkommen elastischer Körper wird nur in einen Zustand stehender Schwingungen kommen, es wird sich die Energie des Stoßes nicht in Wärmeenergie umsetzen. Damit solches geschehe, muß Unordnung eintreten können wie bei den Molekülen eines Gases, die nicht durch elastische Kräfte an bestimmte Gleichgewichtslagen gebunden sind. Im Falle der Strahlung eines heißen Körpers ist nun zwar insofern ein gewisser Grad von Unordnung vorhanden, als die einzelnen Moleküle Oszillatoren von ganz verschiedener Richtung und Phase des Schwingungszustandes darstellen. Dieser ändert sich aber

nicht mit der Zeit, falls die Moleküle durch elastische Kräfte an eine Gleichgewichtslage gebunden sind. Somit ist auch die Unordnung der Strahlung nur eine derartige wie bei einem elastischen Körper, und ebenso wie in diesem kann keine Wärme entstehen. Man kann weder von Temperatur noch von Entropie der Strahlung sprechen.

Sind zahlreiche Oszillatoren bezw. Resonatoren vorhanden, so wird sich allerdings eine Energieverteilung herstellen müssen wie bei den Molekülen eines Gases, d. h. die mittlere Energie eines Resonators beträgt, da derselbe zwei Freiheitsgrade (entsprechend elektrischer und magnetischer Energie) besitzt, $13,46 \cdot 10^{-24}\, T$ Joule. Gemäß Maxwells elektrodynamischen Gleichungen muß nun aber die mittlere Energie eines Resonators, welcher einer Strahlung von der Frequenz ν und Intensität J_ν ausgesetzt ist, betragen: $\frac{27 \cdot 10^{24}}{8 \pi \nu^2} \cdot J_\nu$ Joule. Durch Gleichsetzung beider Ausdrücke ergibt sich sodann $J_\nu = \text{Konst.} \cdot T \cdot \nu^2$. Merkwürdigerweise widerspricht dies nun aber der Erfahrung direkt, da dann in der Strahlung eines schwarzen Körpers die Intensität der ultravioletten Strahlen die größte sein müßte, während gerade umgekehrt die Wärmestrahlung die intensivste ist. Ferner ergäbe sich für die Intensität der Gesamtstrahlung $J = \int_0^\infty J_\nu \, d\nu = \infty$, ein ganz sinnloses Resultat; auch ist tatsächlich die Intensität der Gesamtstrahlung nach Stefan-Boltzmanns Gesetz $J = 53 \cdot 10^{-9}\, T^4$ Watt pro Quadratmeter.

Die Schwierigkeit läßt sich nun in keiner andern Weise beseitigen als durch die Energiequantentheorie, d. h. durch die Annahme, die strahlenden Moleküle könnten keineswegs wie Hertzsche Oszillatoren stetig strahlen und mit stetig veränderlicher Intensität, sondern nur stoßweise und stufenweise, indem sie bei jedem Stoß ihre ganze Energie $P \cdot \varepsilon$ ausstrahlen, wobei P eine ganze Zahl und ε für alle Stoffe dasselbe Vielfache ihrer Frequenz ν ist, näm- $\varepsilon = 6,55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu$ Joule. Die Zahl $6,55 \cdot 10^{-34}$ heißt, wie schon auf S. 4 erwähnt, das »Wirkungsquantum«.

Die Quantentheorie verwirft also die oben gemachte Annahme der gleichmäßigen Energieverteilung unter allen Molekülen, nimmt vielmehr an, die molekularen Resonatoren seien um so gefräßiger für Energie, je größer ihre Frequenz ist. Mit dieser Annahme gerät sie aber in Konflikt mit den Maxwellschen elektro-

dynamischen Gleichungen, deren Gültigkeit sie doch bei Ableitung der Energieaufnahme eines Resonators in einem Strahlungsfelde voraussetzt; sie macht mit andern Worten die Annahme, aus einem noch nicht aufgeklärten Grunde genüge die Emission der Strahlung nicht den sonst allgemein gültigen elektrodynamischen Gesetzen, sondern nur die Absorption, vielleicht deshalb, weil jede Emission mit der Abschleuderung eines Elektrons verbunden ist[1], und mit Verlust der ganzen Energie, während nach der Emission allmähliche Ansammlung von Energie infolge stetiger Verstärkung des Schwingungszustandes durch Resonanz aber ohne Dämpfung durch Ausstrahlung stattfindet, bis die nächste Emission erfolgt[2].

Nach dieser Annahme ergibt sich die mittlere Energie eines Resonators $= \dfrac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{e^{\frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T}} - 1}$. Sie muß auch $= \dfrac{27 \cdot 10^{24}}{8 \pi \nu^2} \cdot J_\nu$ sein, woraus folgt, die Intensität der von einem absolut schwarzen Körper ausgesandten Strahlung von der Frequenz ν muß sein:

$$J_\nu = 8\pi \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{\nu^3}{27 \cdot 10^{24}} \cdot \frac{1}{e^{\frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot \nu}{13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T}} - 1} \text{ Joule pro cbm.}$$

und die von einem Quadratmeter absolut schwarzer Fläche in jeder Sekunde ausgesandte Strahlungsenergie von der der Frequenz ν entsprechenden Wellenlänge λ:

$$E_\lambda = \frac{9 \cdot 10^{16} \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-34}}{\lambda^5} \cdot \frac{10^{-13}}{e^{\frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-34}}{13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot \lambda \cdot T}} - 1} \text{ Watt pro qm.}$$

Dieses auf Grund früherer Ergebnisse von W. Wien von M. Planck gefundene und theoretisch begründete Strahlungsgesetz steht

---

[1] Siehe M. Planck, Ber. d. d. phys. Ges. 1912, 113 und Ann. d. Phys. 37, 642, 1912.

[2] Nach der älteren Planck'schen und der Einstein'schen Theorie erfolgt auch die Absorption der Strahlung, d. h. die Aufnahme der Energie durch die molekularen Resonatoren nicht stetig, sondern wie die Emission nur sprungweise in denselben Energiequanten, welche eine Art Energieatome darstellen, was indes unvereinbar z. B. mit der Tatsache erscheint, daß die Bewegungsenergie eines Körpers stetig zu- und abnehmen kann. Vielleicht ist die Absorption mit chemischen Änderungen verbunden, bezw. Aufnahme von Elektronen (siehe A. Einstein, Ann. d. Phys. 37, 832, 1912).

nach den Messungen von **Lummer** und **Pringsheim**, wobei als absolut schwarze strahlende Fläche eine kleine Öffnung in der Wandung eines innen geschwärzten Hohlraums diente, mit den Tatsachen in vollkommenster Übereinstimmung; ebenso das sich daraus ergebende **Wien**sche Gesetz der Verschiebung des Maximums der Strahlung mit der Temperatur: $\lambda_m = \frac{0{,}00294}{T}$ Meter, worin λ_m die Wellenlänge derjenigen Strahlung bedeutet, welche bei der Temperatur T unter allen Strahlen des Spektrums die größte Energie besitzt. Nennt man diese Energie $E_{(\lambda m)}$, so folgt: $E_{(\lambda m)} =$ Konst. T^5, während für die Energie der Gesamtstrahlung, wie zu erwarten, das **Stefan-Boltzmann**'sche Gesetz sich ergibt, da $\int_0^\infty E_\lambda \, d\lambda =$ Konst. T^4.

Diese Übereinstimmung der auf Grund der Quantentheorie abgeleiteten Strahlungsgesetze mit der Erfahrung ist nicht nur überraschend, sondern auch von großem praktischem Wert. Es ergibt sich daraus ein außerordentlich rasches Steigen des Wirkungsgrades von Lichtquellen mit der Temperatur, woraus die Glühlampentechnik bereits Nutzen zieht; ferner die Möglichkeit hohe Temperaturen mit großer Genauigkeit auf optischem Wege zu ermitteln[1]. Weiter ergeben sich daraus genauere Werte für molekulare Größen wie z. B. für die Zahl der Moleküle in 1 kg einer Substanz; für die elektrische Masse eines Elektrons usw.; insbesondere aber ein wirklich absolutes, das sog. natürliche Maßsystem, indem man nämlich die Grundeinheiten so festsetzt, daß die Gravitationskonstante, welche bei Anwendung der Grundeinheiten Meter, Kilogramm und Sekunde $66,8 \cdot 10^{-12}$ beträgt und ebenso die 3 Konstanten der Strahlungsformel, das Wirkungsquantum $6{,}55 \cdot 10^{-34}$, die auf ein Atom bezogene Gaskonstante $13,46 \cdot 10^{-24}$ und die Lichtgeschwindigkeit $3 \cdot 10^8$, an Stelle dieser Werte sämtlich den Wert 1 erhalten.

Auf die Frage, welche den Ausgangspunkt unserer Betrachtungen bildete, inwiefern einer Strahlung Temperatur und Entropie zugeschrieben werden können, gibt die Quantentheorie ebenfalls Auskunft, da ihr zufolge der Strahlungsvorgang ein ebenso un-

[1] Vgl. O. Lummer, die Ziele der Leuchttechnik, München, Oldenburg 1903; die optischen Pyrometer in J. Frick-O. Lehmann, physik. Technik, 7. Aufl., Bd. II (2) S. 1772.

geordneter ist wie die molekulare Bewegung in einem Gase. Als Temperatur der Strahlung muß die Temperatur des Körpers betrachtet werden, von welchem sie ausgeht und die Entropie bestimmt sich in gleicher Weise durch den Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des herrschenden Zustandes wie bei einem Gase[1].

Eine große Schwierigkeit bereitet aber die Übertragung der Energie durch den leeren Raum, d. h. die bisherige Annahme, elektrische und magnetische Felder seien Zwangszustände eines unwägbaren, auch den leeren Raum kontinuierlich erfüllenden Mediums, des Äthers; dessen Existenz übrigens auch aus andern Gründen[2] sehr problematisch erscheint.

Die Übertragung der Energie an den Äther erfolgt durch den Strahlungsdruck, welcher auf dem Druck der Ätherkraftfäden beruht und pro Quadratmeter ebensoviel Dezimegadynen beträgt als die Intensität der Strahlung Joule pro Kubikmeter. Da nun aber dem Äther unendlich viele Freiheitsgrade zugeschrieben werden müssen, während die molekularen Oszillatoren nur zwei besitzen, müßte er deren ganze Energie an sich ziehen, es könnte kein Gleichgewichtszustand eintreten. Einstein[3], der Entdecker des Relativitätsprinzips, hat deshalb im gleichen Jahre auch die »Lichtzellentheorie« aufgestellt, welcher gemäß die von den molekularen Oszillatoren ausgesandten Energiequanten auch im absolut leeren Raume ihre Sonderexistenz bewahren, indem sie einen bestimmten Raum erfüllen, welcher sich beim Fortschreiten nicht ändert. Die Abnahme der Strahlungsintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle hätte man sich hiernach einfach in der Weise vorzustellen, daß die Lichtzellen weiter auseinander rücken, während jede Zelle ihre Größe behält und somit auch die Dichte der in ihr enthaltenen elektrischen und magnetischen Energie ungeändert

---

[1] Siehe W. Wien, Wien. Ann. **52**, 132, 1894 u. M. Planck Ann. d. Phys. **1**, 69, 719, 1900; 37, 651, 1912.

[2] Vgl. O. Lehmann, Das Relativitätsprinzip, Verh. des Naturw. Ver. Karlsruhe 23, 51, 1910, und die Umwandlung unserer Naturauffassung infolge der Entdeckung des Relativitätsprinzips in: Aus der Natur **7**, 705 1911; Wiechert, Phys. Zeitschr. **12**, 689, 737, 1911; M. Laue, Das Relativitätsprinzip, Braunschweig, Vieweg & S. 1911; G. Helm, Phys. Zeitschr. **13**, 157, 1912.

[3] A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 132 (6) 1905; **20**, 199, 1906. Physik. Zeitschr. **10**, 185, 1909.

bleibt. Die Lichtzellen werden von den Oszillatoren in den nicht von Äther erfüllten, sondern absolut leeren Raum hinein gewissermaßen fortgeschleudert wie die feinen Lichtpartikelchen der längst aufgegebenen Newtonschen Emanationstheorie.

Möglicherweise ist die Theorie auch geeignet, verständlich zu machen, weshalb wir die Fixsterne trotz ihrer ungeheuren Entfernung[1] und der im quadratischen Verhältnis mit derselben erfolgenden Abschwächung des Lichtes noch sehen können, und daß wir sie szintillierend sehen entsprechend dem Auftreffen einzelner Lichtzellen auf die Netzhaut unseres Auges.

Auch die Aufnahme der Strahlungsenergie erfolgt nach Einstein nicht stetig, sondern so, daß immer nur ganze Energiequanten aufgenommen werden, wobei dem Relativitätsprinzip (l. c.) zufolge eine Vergrößerung der Masse eintreten muß, wie wenn das aufgenommene Energiequant ein Gewicht von $0{,}72 \cdot 10^{-45}$ Kilogramm hätte[2].

Höchst merkwürdig, aber wie sich durch die Messungen von W. Nernst ergeben hat, mit den Erfahrungen im besten Einklang, sind die Folgerungen der Energiequantentheorie bezüglich der spezifischen Wärme oder Atomwärme in der Nähe des absoluten Nullpunkts. Nach der bisherigen kinetischen Theorie muß, wie oben angegeben, die mittlere Energie eines Atoms pro Freiheitsgrad $\frac{1}{2} \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T$ Joule betragen, also für einen festen Körper, da bei diesem die Atome 3 kinetische und 3 potentielle, also im ganzen 6 Freiheitsgrade besitzen, das Sechsfache dieses Betrages. Für 1 Kilogrammatom, d. h. für $640 \cdot 10^{24}$ Atome wäre somit die Energie $\frac{6}{2} \cdot 8319$ Joule pro Grad $= \frac{3 \cdot 8319}{4189} = 5{,}955$ Kalorien pro Grad. Dieses sog. Gesetz von Dulong und Petit stimmt nun aber nur bei höheren Temperaturen, und auch bei diesen bei manchen Stoffen (Kohlenstoff, Bor, Silicium) sehr schlecht.

---

[1] Nach neuesten Bestimmungen ist der kleine Nebel in Koma etwa 50 000 Lichtjahre, d. h. $0{,}5 \cdot 10^{24}$ Meter entfernt.

[2] Die Masse 1 kg $= 90000 \cdot 10^{12}$ Joule. Eine absolute schwarze Fläche verliert an Masse pro Quadratmeter bei der absoluten Temperatur T Grad $5{,}9 \cdot 10^{-25} \cdot T^4$ kg, z. B. bei $T = 1000^\circ$ die Menge $0{,}59 \cdot 10^{-12}$ kg. Ebensoviel gewinnt sie, falls sie Strahlung absorbiert. Ein cbm Sonnenlicht wiegt $53 \cdot 10^{-24}$ kg. 1 Kalorie $= 0{,}0454 \cdot 10^{-12}$ kg; 1 Joule $= 1100 \cdot 10^{-18}$ kg. Die Wucht der Erde infolge ihrer Bewegung um die Sonne $= 0{,}03 \cdot 10^{18}$ kg, während ihre wägbare Masse $= 5{,}88 \cdot 10^{24}$ kg

In der Tat ergibt sich nach **Einstein** aus der Quantentheorie für den wahren Wert der Atomwärme beim konstantem Volum:

$$C_v = 5{,}955 \sum \frac{e^{\frac{\beta\nu}{T}} \cdot \left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2}{\left(e^{\frac{\beta\nu}{T}} - 1\right)^2} \text{ Kalorien,}$$

worin $\beta = \frac{\text{Wirkungsquantum}}{\text{Gaskonstante pro Atom}} = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34}}{13{,}46 \cdot 10^{-24}} = 48{,}65 \cdot 10^{-12}$. Ferner ist

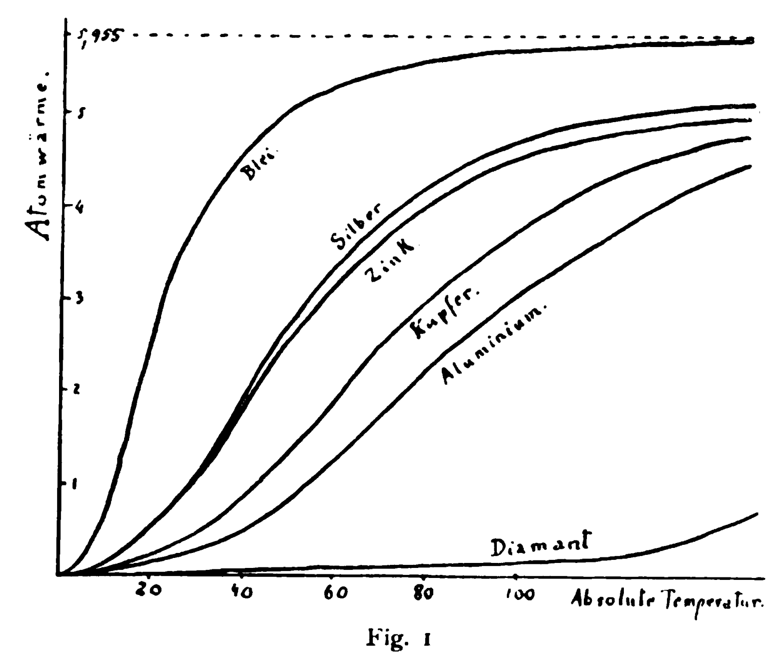


Fig. 1

die mittlere Energie pro Freiheitsgrad ist nicht $\frac{1}{2} \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T$ wie für ein Gasatom, sondern

$$\frac{\frac{1}{2} \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24} \cdot T}{1 + \frac{1}{2}\beta\frac{\nu}{T} + \frac{1}{6}\left(\beta\frac{\nu}{T}\right)^2 + \ldots} \text{ Joule.}$$

Ist $\frac{T}{\beta\nu} > 0{,}9$, so nähert sich die Atomwärme dem normalen Wert 5,955; ist aber $\frac{T}{\beta\nu} < 0{,}1$, so ist die Atomwärme nahe gleich Null, was auch verständlich macht, daß die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch ein Molekül, für welche ν sehr groß ist, die Molekularwärme nicht merklich ändert. Für verschiedene Metalle ist die Abhängigkeit der Atomwärme von der Temperatur durch Fig. 1 dargestellt, soweit möglich nach den tatsächlichen Messungen, im übrigen nach der obigen Formel von **Einstein**. Wie man sieht, wird die Atomwärme im Gegensatz zur bisherigen

Auffassung, nach welcher sie stets nahezu 6 sein sollte, in der Nähe des absoluten Nullpunkts, bei welchem die Moleküle nicht mehr in Bewegung sind, ganz außerordentlich klein, sie nähert sich asymptotisch dem Wert Null derart, daß also $\frac{dQ}{dT} = 0$ für $T = 0$.

Erwärmt man nämlich vom absoluten Nullpunkt an, bis von den N Atomen, welche vorhanden sind (für ein kg-Atom sind es $640 \cdot 10^{24}$) gerade eben eines ein Energiequant (ε Joule) aufgenommen hat, so ist nach Einsteins Formel[1] die Temperatur des Körpers $\Delta T = \frac{\beta \nu}{ln N}$. Erwärmt man weiter, bis der Körper die Energie $2\,\varepsilon$ aufgenommen hat, d. h. bis zwei Atome je ein Energiequant enthalten, so ist die Temperatur $\Delta T_1 = \frac{\beta \nu}{ln N - ln 2}$ und für die Energie $P \cdot \varepsilon : \Delta T_P = \frac{\beta \nu}{ln (N + P) - ln P}$. Trägt man diese Beziehung zwischen Temperatur und zugeführter Wärmemenge in ein Koordinatensystem ein, so ergibt sich die Kurve Fig. 2, welche allerdings in Wirklichkeit keine Kurve, sondern eine treppenartige gebrochene Linie mit der Stufenhöhe ε ist. Bei der geringen Größe von ε kann sie aber als Kurve aufgefaßt werden und man erkennt deutlich, daß für $T = 0$ $\frac{dQ}{dT} = 0$ sein muß. Dies ist der erste Teil des Nernstschen Wärmetheorems[2], welches von großer Wichtigkeit ist, indem er die oben (S. 7 u. 9) erwähnte unbestimmte Konstante der Entropie zu bestimmen gestattet.

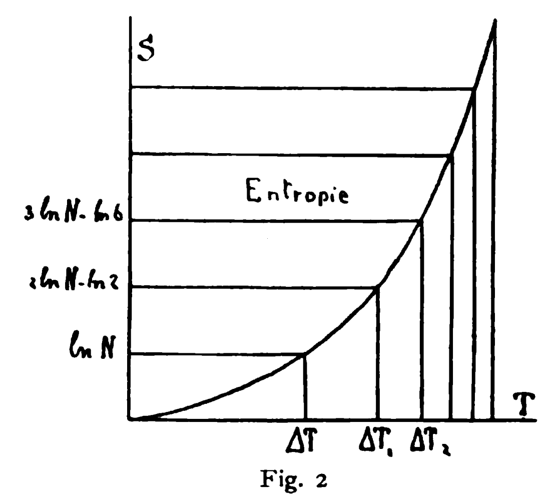


Fig. 2

Man muß sich vorstellen, daß in der Nähe des absoluten Nullpunkts die Atome der festen Körper — und andere als feste kommen hier überhaupt nicht in Betracht — fast sämtlich ruhen.

---

[1] Siehe O. Sackur, Ann. d. Phys. 34, 455, 1911.

[2] W. Nernst, Theoret. Chemie 5. Aufl., Stuttgart 1907, S. 697. Gött. Nachr. 1906 I, Sitzb. d. Berl. Akad. 1906, 20. Dez., und Nernst, Silliman lectures, Applications of Thermodynamic to Chemistry New York, Ch. Scribners Sohn, 1907; Phys. Zeitschr. 12, 976, 1911. Zeitschr. f. Elektrochem. 17, 265, 1911.

Nur eine sehr kleine Anzahl von Atomen hat ein einziges Energiequantum bekommen und die Zahl derjenigen, welche mehrere Energiequanten aufgenommen haben, ist gänzlich zu vernachlässigen. Die Wärme hat bei solchen tiefen Temperaturen auf feste Stoffe keinen merklichen Einfluß, denn eine Temperatursteigerung bedeutet hier keine nennenswerte Energiezufuhr; die beiden spezifischen Wärmen c_p u. c_v sind also für $T = 0$ ebenfalls Null; auch die Temperaturkoeffizienten der Änderung der Gesamtenergie, der Kompressibilität und der Wärmeausdehnung. Letztere genügt der Gleichung $\frac{dV}{dT} = a\, c_v$. Verbindet man die beiden Wärmesätze in der S. 5 u. 6 gegebenen Form: $U = A - Q$ und $dA = \frac{Q}{T} \cdot dT$, so resultiert die Helmholtz'sche Gleichung: $A - U = T\frac{dA}{dT}$ und die Entropie $S = \frac{Q}{T} = \frac{U-A}{T} = -\frac{dA}{dT}$ Joule pro Grad. Da U mit der Temperatur wächst, kann man schreiben $U = U_0 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^3 + \ldots$ Joule. Die Helmholtzsche Gleichung ist dann erfüllt, wenn $A = U_0 + \alpha T + a\, T ln\; T - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2} T^3 + \ldots$ Da nun $\frac{dU}{dT} = \alpha + 2\beta T + 3\gamma T^2 + \ldots = 0$ sein muß, folgt $\alpha = 0$ und $\frac{dA}{dT} = a - 2\beta T - \frac{3}{2}\gamma T^2 + \ldots$ Dies ist abgesehen vom Vorzeichen nach obigem die Entropie. Da sie nach den auf Seite 9 angestellten Betrachtungen auch gegeben ist durch die Gleichung $S = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\, ln\, W$, wenn W die Wahrscheinlichkeit des vorliegenden Zustandes ist, so ist weiter deren Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeit des Zustandes von der Temperatur zu ermitteln[1].

Bei der Temperatur ΔT, bei welcher dem Körper gerade eben ein Energiequant zugeführt ist, bestehen N Möglichkeiten der Energieverteilung auf die einzelnen Atome, welche mit A_1 $A_2 \ldots A_n$ bezeichnet werden sollen, insofern das Energiequant ε entweder auf Atom A_1 oder A_2 oder A_3 usw. übergegangen ist, während die übrigen Atome ruhen. Die Wahrscheinlichkeit des festen Stoffs bei der Temperatur ΔT ist somit $= N$, also die Entropie $S = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\, ln\, N$. Bei der Temperatur ΔT_P sind ebenso N Komplexionen möglich, bei welchen 1 Atom die Energie $P \cdot \varepsilon$ und $N - 1$ Atome die Energie Null besitzen.

1 Siehe Sackur a. a. O.

Weiterhin gibt es aber N Komplexionen, bei welchen 1 Atom die Energie $(P-1)\,\varepsilon$, 1 Atom die Energie ε und $N-2$ Atome die Energie Null besitzen. Weitere N Komplexionen, bei welchen 1 Atom die Energie $(P-2)\,\varepsilon$, 1 Atom die Energie $2\,\varepsilon$ und $N-2$ Atome die Energie Null haben usw. Die Gesamtzahl W beträgt $\frac{(N+P-1)!}{(N-1)!\,P!}$. Somit ist die Entropie für die Temperatur $\Delta T_1 = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\,(2\,ln\,N - ln)$, für die Temperatur $\Delta T_2 = 13{,}46 \cdot 10^{-24}\,(3\,ln\,N - ln\,6)$ usw., was graphisch dargestellt die Kurve Fig. 3 ergibt. Ebenso wie die Kurve Fig. 2 verläuft dieselbe asymptotisch zur Abszissenachse, d. h. für $T = 0$ muß S und somit $\frac{dA}{dT} = 0$ sein. Dies ist der zweite Teil des Nernstschen Wärmetheorems.

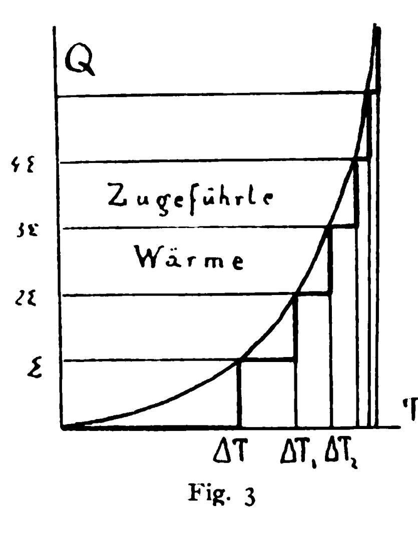


Fig. 3

Nun ist nach obigem $\frac{dA}{dT} = a - 2\,\beta T - \frac{3}{2}\,\gamma\,T^2 - \ldots\ldots$ somit muß $a = 0$ sein, also

$U = U_0 + \beta T^2 + \gamma\,T^3 \ldots$ und $A = U_0 - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2}\,T^3 - \ldots$

und $S = -\frac{dA}{dT} = 2\,\beta T + \frac{3}{2}\,\gamma\,T^2 + \ldots$, d. h. die früher unbestimmte additive Konstante im Ausdruck für die Energie ist, wenigstens für feste Körper, gleich Null.

Die Bedeutung dieses Ergebnisses wird klar[1], wenn man die oben dargelegte Natur der Konstante, d. h. ihren Zusammenhang mit der gewählten Größe der Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit berücksichtigt. Das Nernstsche Wärmetheorem sagt nämlich aus, daß diese Elementargebiete nicht beliebig gewählt werden können, sondern eine ganz bestimmte Größe haben. Dies ist nur verständlich unter Annahme der Energiequantentheorie, welche somit eine erhebliche Stütze durch die Beobachtung findet, daß tatsächlich $\frac{dA}{dT}$ in der Nähe des absoluten Nullpunkts verschwindet.

[1] Siehe M. Planck, Phys. Zeitschr. 13, 173, 1912.

Der Größe A kommt noch eine ganz besondere Bedeutung zu. Sie wurde oben definiert als die äußere Arbeit, welche geleistet wird, wenn die Gesamtenergie des Systems um U Joule abnimmt, während gleichzeitig Q Joule Wärme von außen zugeführt werden. Es ist dann nach dem ersten Wärmesatz $U = A - Q$ Joule. Wäre das System nicht einfach Druckluft wie anfänglich angenommen wurde, sondern das Gemenge von Wasser und Dampf in einem Dampfkessel, so würde die Gleichung ebenso gelten, es wäre dann Q die latente Wärme. Bestände das System aus Stoffen, welche chemisch aufeinander einwirken, so wäre Q die Wärmetönung. Auch in diesem Fall wird die äußere Arbeit A ein Maximum, wenn der chemische Prozeß isotherm und reversibel geleitet wird und dieses maximale A, auch freie Energie genannt, stellt das Maß der chemischen Affinität dar. Somit ermöglicht das Nernstsche Wärmetheorem die chemische Affinität genau ohne Beifügung einer unbestimmten Konstanten in Zahlen auszudrücken. Der chemische Prozeß verläuft immer so, daß die freie Energie ein Minimum wird. Die Entropie $S = -\frac{dA}{dT}$, der negative Temperaturkoeffizient der freien Energie, strebt im Gegensatz dazu, wie oben erläutert, einem Maximum zu. Vernachlässigt man die kleine Konstante γ, so wird $U = U_0 + \beta T^2$ und $A = U_0 - \beta T^2$.

Die beiden Gleichungen ermöglichen, Schmelz- und Umwandlungstemperaturen aus Umwandlungswärme und spezifischen Wärmen der beiden Modifikationen zu berechnen. Betrachten wir beispielsweise die Umwandlung von 1 kg rhombischem in monoklinen Schwefel. Die Umwandlungstemperatur sei T_0, die Umwandlungswärme, d. h. da die äußere Arbeit Null sein soll, die Änderung der Gesamtenergie U. Nach der Umwandlung erfolge noch Erwärmung um dT Grad, wozu, wenn die spezifische Wärme des monoklinen Schwefels c_m beträgt, die Wärmemenge $c_m \cdot dT$ erforderlich ist, so daß die ganze Energieänderung $U + c_m\,dT$ beträgt. Zu demselben Endzustand kann man gelangen, indem man zunächst den rhombischen Schwefel, dessen spezifische Wärme c_r sei, um dT erwärmt (was entsprechende Erhöhung des Druckes voraussetzt) und nun erst die Umwandlung vor sich gehen läßt, wobei die Abnahme der Gesamtenergie $U + dU$ sei. Dem ersten Wärmesatz zufolge muß die ganze Energieänderung in

beiden Fällen, da der Endzustand derselbe ist, gleich sein, man hat also: $U + c_m\, dT = U + dU + c_r\, dT$, woraus folgt: $\frac{dU}{dT} = c_m - c_r$. Nach obigem ist aber $\frac{dU}{dT} = 2\,\beta T_0$, somit $\beta = \frac{c_m - c_r}{2\,T_0}$ und $U = U_0 + \frac{c_m - c_r}{2\,T_0} \cdot T_0^2$. Durch Einsetzung der Zahlenwerte für die Umwandlungswärme U und die beiden spezifischen Wärmen erhält man die Konstante U_0, somit den Wert von A, nämlich $U = 1{,}57 + 1{,}15 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$ und $A = 1{,}57 - 1{,}15 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$. Da nun für die Umwandlungstemperatur T_0 die freie Energie $A = 0$ ist, folgt $T_0 = \sqrt{\frac{1{,}57}{1{,}15 \cdot 10^{-5}}} = 369{,}5^0$ in verhältnismäßig guter Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Die Einsteinsche Formel, welche von Nernst noch etwas modifiziert wurde, ermöglicht ferner die spezifische Wärme der Körper für verschiedene Temperaturen zu berechnen, falls man die Frequenzen der molekularen Oszillatoren kennt. Diese lassen sich nun aber auf optischem Wege durch Ermittelung der Absorptionsstreifen im Absorptionsspektrum der betr. Substanz, sowie durch Bestimmung der selektiven Reflexion, d. h. der Strahlenarten, welche mit großer Intensität reflektiert werden, mit Genauigkeit bestimmen, da die Absorptions- und Reflexionserscheinungen auf dem Mitschwingen der molekularen Oszillatoren beruhen. Die so berechnete spezifische Wärme befindet sich in guter Übereinstimmung mit der beobachteten.

Eine andere Art der Berechnung der Frequenzen[1] ist auf Grund der kubischen elastischen Kompressibilität möglich; es ist nämlich die Wellenlänge $\lambda = 1{,}08 \cdot 10^3 \cdot M^{1/3}\, \varrho^{1/6}\, \varkappa^{1/2}$ Zentimeter, wenn M das Molekulargewicht, ϱ die Dichte und $\varkappa$ die kubische Kompressibilität in CGS — Einheiten bedeuten. So ergeben sich für *Al* 6,64 *Cu* 5,65 *Au* 4,01 *Au* 3,8 *Ni* 6,65 *Fe* 6,5 *Pd* 5,15 *Pt* 4,52 *Cd* 2,9 *Sn* 3,0 *Pb* 2,8 *Bi* 2,64 Billionen und die Größe der aufgenommenen Energiequanten: *Al* 4,45 *Cu* 3,7 *Ag* 2,68 *Au* 2,49 *Ni* 4,36 *Fe* 4,26 *Pd* 3,37 *Pt* 2,96 *Cd* 1,90 *Sn* 1,97 *Pb* 1,83 *Bi* 1,73 Quintilliontel Joule. Aluminium und Nickel haben, wie man sieht, die gefräßigsten Atome hinsichtlich der Energieaufnahme. F. A. Lindemann hat auch den Schmelzpunkt zur

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. **34**, 170, 1911; vergl. auch E. Grüneisen, Ann. d. Phys. **26**, 393, 1908 u. Ber. d. d. phys. Ges. **13**, 491, 1911; dagegen M. Born und Th. v. Kármán, Phys. Zeitschr. **13**, 297, 1912.

Berechnung der Frequenzen herangezogen[1]. Er findet für *KCl* 4,74 *Na Cl* 5,8 CaF_2 12,3 SiO_2 14,45 *S* 5,6 Diamant 27,6 Billionen. Nach P. Drude[2] entspricht die Absorption im Ultrarot den Schwingungen positiver Jonen, die Absorption im Ultraviolett (und im sichtbaren Spektrum) den Schwingungen lose sitzender negativer Elektronen, welche die chemische Valenz bestimmen. Nach J. Koenigsberger[3] gilt die Gleichung $p \cdot \frac{e}{m} = \frac{\pi}{9660} \cdot \frac{M}{d} \frac{g}{\lambda^2}$, worin λ die Wellenlänge stärkster Absorption, *M* das Molekulargewicht, *d* die Dichte der Substanz und *g* die Dämpfungskonstante. Weiter ergeben sich die Frequenzen negativer Elektronen aus dem selektiven Photoeffekt, d. h. der Auslösung von Kathodenstrahlen beim Auftreffen von Lichtstrahlen[4]. So fand Lindemann für *Cs* 0,546 *Rb* 0,612 *K* 0,688 *Na* 0,948 *Li* 0,134 *Ba* 0,138 *Sr* 0,152 *Ca* 0,129 *Mg* 0,175 Billionen.

Nach Stark, Haber und Lindemann[5] zeigen sich auch Beziehungen zwischen der chemischen Verbindungswärme und den Elektronenfrequenzen, insofern in Fällen, bei welchen der chemische Prozeß das Auftreten von Kathodenstrahlen bedingt, die chemische Energie zureichend sein muß, die von den abfliegenden Elektronen aufgenommenen Energiequanten zu liefern. Eine ähnliche Überlegung, daß die Energie des auftreffenden Lichtes der Energie des Fluoreszenzlichtes mindestens gleich sein muß, führt zum Stokesschen Gesetz der Fluoreszenz.[6] Hierüber, sowie bezüglich der Deutung der Serien- und Bandenspektren des Zeemanphänomens usw. sei verwiesen auf die Werke von J. Stark und W. Voigt[7].

---

[1] F. A. Lindemann, Phys. Zeitschr. **11**, 610, 1910.

[2] P. Drude, Ann. d. Phys. **14**, 677, 936, 1904.

[3] E. v. Bahr u. J. Koenigsberger, Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911 Nr. 26, u. K. Kilchling u. J. Koenigsberger, Ann. d. Phys. **28**, 889, 1009; **32**, 843, 1910; Phys. Zeitschr. **12**, 1, 1911.

[4] Siehe Elster u. Geitel, Wied. Ann. **55**, 684, 1895; **61**, 445, 1897; Pohl, Verh. d. d. phys. Ges. **11**, 339, 609, 1909, u. F. A. Lindemann, Ber. d. d. phys. Ges. **13**, 482, 1911.

[5] J. Stark, Ber. d. d. phys. Ges. 1912, 119; F. Haber, Phys. Zeitschr. **12**, 1035, 1911, u. F. A. Lindemann, Ber. d. d. phys. Ges. **13**, 1107, 1911; dagegen Born u. Kármán a. a. O.

[6] Vergl. A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 132, 1905.

[7] J. Stark, Prinzipien der Atomdynamik, Leipzig, Hirzel 1911; W. Voigt, Magneto- und Elektrooptik, Leipzig, Teubner 1908.

Kreisende Elektronen in den Molekülen verursachen magnetische Kräfte. P. Weiß[1] in Zürich ist es gelungen, zu zeigen, daß auch hierbei bestimmte Energiequanten, aber solche von unveränderlicher Größe, die Magnetonen, sich geltend machen, die für den Magnetismus etwa das sind, was die Elektronen für die Elektrizität. Sie verhalten sich wie kleine Magnetchen von molekularen Dimensionen, haben also das Bestreben, sich parallel zu richten, doch werden sie hierin, wie Langevin in Paris gezeigt hat, durch die Wärmeschwingungen der Moleküle beständig gestört. Völlige Parallelrichtung tritt deshalb nur bei homogenen Kristallen und auch bei diesen nur beim absoluten Nullpunkt ein. Ein solcher Kristall verhält sich dann, obschon er nicht magnetisiert wurde, als Magnet. Mit steigender Temperatur wird sein Magnetismus infolge der zunehmenden Unordnung unter den Magnetonen schwächer, bis schließlich ein Punkt kommt, der Curiesche Punkt, wo die Parallelstellung und damit das Auftreten von nachweisbarem Magnetismus überhaupt unmöglich wird.

Gewöhnliche Körper lassen wegen der verschiedenen Orientierung der zahllosen Kriställchen, aus welchen sie bestehen, Magnetismus überhaupt nicht erkennen, solange nicht eine äußere magnetisierende Kraft (etwa seitens einer stromdurchflossenen Spule) hinzukommt, die sämtliche Moleküle parallel zu richten sucht. Bei den »ferromagnetischen« Stoffen (insbesondere Eisen und Nickel) vermag der nun hervortretende eigene Magnetismus des Körpers die Wirkung der äußeren Kraft noch zu verstärken, ähnlich wie nach der van der Waalsschen Formel die Anziehungskraft zwischen den Molekülen die Wirkung des äußeren Drucks verstärkt. Sie zeigen deshalb viel intensiveren Magnetismus als die übrigen, auch »paramagnetisch« genannten Stoffe. Völlige Parallelrichtung wird aber auch bei den ferromagnetischen Substanzen nur in der Nähe des absoluten Nullpunkts erzielt, z. B. wenn man den Körper in flüssigem Wasserstoff untersucht.

Genaue Messungen unter solchen Umständen haben nun zu dem überraschenden Ergebnis geführt, daß jedes Atom immer nur eine ganz bestimmte Zahl von Magnetonen aufnimmt, denn sein magnetisches Moment beträgt $m \times 0{,}174 \cdot 10^{-30}$ Meter-Weber[2],

[1] P. Weiß, Journ. d. Phys. (5) I, 965, 1911, und Phys. Zeitschr. **12**, 935, 1911.

[2] 1 Weber = 10^8 *CGS* – Einheiten der magnetischen Masse.

wobei m eine ganze Zahl ist, die von der Natur der Substanz abhängt, z. B. für Eisen 11, für Nickel 3. Da 1 kg-Atom $640 \cdot 10^{-24}$ Atome enthält, ist also z. B. das magnetische Moment von 1 kg-Atom (= 56 kg) Eisen = $56 \cdot 640 \cdot 10^{24} \cdot 11 \cdot 0{,}174 \cdot 10^{-30} = 0{,}0867$ Meter-Weber. Übergang in eine andere polymorphe Modifikation oder Eintritt in eine chemische Verbindung ist immer mit einer Änderung der Magnetonenzahl m verbunden. Zuweilen vermag auch einfach Temperaturerhöhung eine plötzliche Änderung der Magnetonenzahl hervorzubringen, ohne daß sich diese Zustandsänderung durch eine wesentliche Veränderung der sonstigen Eigenschaften des Körpers bemerkbar machte.

Sind die Magnetonen so gelagert, daß sich ihre Wirkungen nach außen gegenseitig aufheben, bilden sie mit anderen Worten astatische Systeme, wie solche zur Erklärung der Erscheinungen bei flüssigen Kristallen angenommen werden müssen[1], so werden durch äußere magnetische Kräfte nur die Bahnen der als Magnetonen erscheinenden kreisenden oder schwingenden Elektronen abgeändert, es tritt eine Art verkehrter Magnetismus, der Diamagnetismus hervor. Zuweilen verrät sich diese Änderung der Elektronenbahnen durch eine eigenartige Änderung der Absorptionsstreifen oder im Falle leuchtender Gase durch entsprechende Änderung der hellen Linien des Spektrums. Dies ist die von Zeeman 1896 entdeckte Erscheinung, deren schon oben gedacht wurde.

[1] Siehe O. Lehmann, Phys. Zeitschr. **10**, 553, 1909 und 1912 (im Druck).

Verhandlungen

des

Naturwissenschaftlichen Vereins

IN KARLSRUHE

25. Band. 1911—1912.

Mit 5 Tafeln und 35 Textfiguren.

KARLSRUHE i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei
1913.

Inhaltsverzeichnis.

Abhandlungen.

Jahresbericht.

Im Vereinsjahr 1911/12 haben an 16 Abenden Sitzungen stattgefunden, an denen 21 Vorträge gehalten worden sind; von diesen behandelten 6 ein physikalisches, 3 ein chemisches, je 2 ein geologisches und geophysikalisches, je 1 ein forstliches, pädagogisches, elektrotechnisches, mechanisches, technisches, zoologisches und allgemein naturwissenschaftliches Thema.

Als Versammlungslokal diente meist das Speisezimmer im Museum, in einigen Fällen einer der Hörsäle der Technischen Hochschule.

Von anderen Vereinen sind unsere Mitglieder mehrmals eingeladen worden, nämlich zweimal vom Karlsruher Bezirksverein Deutscher Ingenieure und je einmal von der Abteilung Karlsruhe der deutschen Kolonialgesellschaft, vom Elektrotechnischen Verein und vom Badischen Architekten- und Ingenieurverein.

Großh. Ministerium des Kultus und des Unterrichts verdankt der Verein außer dem regelmäßigen Beitrag von 300 M. noch den namhaften Zuschuß von 780 M. aus den Zinsen der von Kettnerscher Stiftung zu den Kosten der im 24. Band der Verhandlungen erschienenen Arbeit des Herrn Prof. Dr. May über Gomera.

Tätigkeit der Erdbebenkommission im Vereinsjahr 1911/12. Der im vorigen Jahresbericht erwähnte Erweiterungsbau der Station Durlach ist im August 1911 in Angriff genommen worden. Da die oberirdische Erweiterung der Station über dem Zugang zum unterirdischen Pendelraum errichtet wurde, mußte der Betrieb im letzteren zeitweise unterbrochen werden und vollständig vom 25. August bis 17. Oktober und nochmals vom 22. März 1912 an ganz ruhen. Auch in der Zwischenzeit vom 17. Oktober 1911 und 22. März 1912 wurde die Station nur in sofern weiter betrieben, als es die Aufstellung und die Erhaltung der Instrumente erforderte. Die chronographischen Uhrvergleichungen mußten gänzlich unter-

bleiben, da die Telephonverbindung abgebrochen war und erst nach Fertigstellung des ganzen Baues wieder eingerichtet wurde. Es liegen deshalb von Durlach für das Jahr 1911 nur 93 dreitägige photographisch registrierte Bogen vor.

Der Mainkasche Seismograph im Keller des Aulabaues der Techn. Hochschule war ununterbrochen in Betrieb; er lieferte insbesonders von dem stark gefühlten Erdbeben am 16. November 1911 ein vollständiges Seismogramm.

Auf der Station Freiburg war der Betrieb häufig, jedoch jeweils nur auf kurze Zeit unterbrochen. In der Aufstellung und Anordnung der Instrumente wurde nichts geändert.

Die Bearbeitung der aus der periodischen Lagenänderung der Horizontalpendel abzuleitenden Deformation der Erdkruste unter dem Einfluß des Mondes und der Sonne ist für beide Stationen beendet worden.

Für das Gebäude der Rebveredlungsanstalt, in dessen Keller die Erweiterung der Erdbebenstation untergebracht ist, mußte ein nachträglich vom Großh. Ministerium des Innern von 5000 M. auf 7100 M. erhöhter Zuschuß bewilligt werden.

Vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie ist über das starke Nahbeben vom 19. November 1911 unter Beihilfe der Großh. Wasser- und Straßenbauinspektionen ein umfangreiches Beobachtungsmaterial gesammelt worden; mit Zustimmung des Vorsitzenden der Erdbebenkommission ist es der Kais. Hauptstation in Straßburg zur Verarbeitung übergeben worden.

Rechnungsführung.

Einnahmen.

Kassenvorrat	M. 2 891.12	
Mitgliederbeiträge	1 558.00	
Regelmäßiger Beitrag d. Ministeriums des Kultus u. des Unterrichts . .	300.00	
Außerordentlicher Beitrag des Ministeriums des Kultus u. des Unterrichts	870.00	
Erlös aus verkauften Wertpapieren .	3 564.50	
Zinsen aus Wertpapieren	931.50	
Zinsen aus Konto-Korrent	77.97	
		M. 10 193.0[illegible]

Ausgaben.

Lokalmiete, Steuern, Drucksachen, Porto	M.	442.96		
Zuschuß zur Erbauung der Rebveredlungsanstalt in Durlach (Erdbebenstation)	»	7 100.00		
Für Erdbebenstation	»	280.00		
			M.	7 822.96
Kassenrest im Juni 1912			M.	2 370.13
Bestand der Handkasse . . .	M.	18.28		
Guthaben bei der Bad. Bank .	»	2 351.85		
	M.	2 370.13		
Das Vermögen hat am 11. Juni 1912 betragen:				
in Wertpapieren	M.	22 600.00		
in bar	»	2 370.13		
			M.	24 970.13
am 20. Juni 1911			»	29 091.12
mithin Abnahme . .			M.	4 120.99

In den Drucksachen-Tauschverkehr sind neu eingetreten:
die Naturwissenschaftliche Gesellschaft in Bayreuth;
der Naturwissenschaftliche Verein in Bielefeld;
der Naturwissenschaftliche Verein in Düsseldorf;
der Humboldtverein in Ebersbach i. S.;
der Westpreuß. Botanisch-Zoologische Verein in Danzig;
das Siebenbürgische Nationalmuseum in Kolosvar.

Eingegangen sind im Vereinsjahr 1911/12 die nachstehend verzeichneten Drucksachen:

Ann Arbor (Michigan). Academy of Science. Thirteenth Report.

Basel. Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen. Band 22.

Bayreuth. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. 1. Bericht für die Zeit von der Gründung bis Herbst 1911.

Bergen. Museum. Aarsberetning for 1911. — Aarbok 1911. 2. 3. hefte. An account of crustacea of Norway. Vol. V. Parts 35, 36.

Berlin. Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift. A. Abhandlungen. 63. Band, 2.—4. Heft. — B. Monatsberichte 1911, Nr. 4—12.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen aus dem Jahre 1911.

Bielefeld. Naturwissenschaftlicher Verein. Bericht über die Jahre 1909 u. 1910.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens. Sitzungsberichte 1910, 2. Hälfte; 1911, 1. Hälfte. — Verhandlungen. 67. Jahrg., 1910, 2. Hälfte; 68. Jahrg., 1911, 1. Hälfte.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings. Vol. 46, No. 18—24; Vol. 47, No. 1—21.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen. 21. Band, 1. Heft.

Brünn. Naturforschender Verein. Verhandlungen. 48. Band, 1909; 49. Band, 1910. — Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen in Mähren und Schlesien im Jahre 1906.

Bruxelles. Observatoire Royal de Belgique. Annales. Nouvelle série, physique du globe, Tome V, Fasc. I, II. — Annuaire astronomique 1913.

— Société Entomologique de Belgique. Annales. Tome 54, 55. — Mémoires, Vol. 19.

— Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts. Bulletin de la classe des sciences. 1911, No. 5—12; 1912, No. 1—2. — Annuaire 78e année 1912.

— Société Royale de Botanique de Belgique. Bulletin. Tome 47, année 1910, 1—4 fasc.; desgl. Tome 48, année 1911, 1—4 fasc. — Catalogue de la bibliothèque collective réunie au Jardin botanique de l'État à Bruxelles I.

— Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique. Annales. Tome 46, année 1911.

Budapest. K. Ung. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. 26. Band. — Aquila. Zeitschrift für Ornithologie. 17. u. 18. Jahrgang. — Allatani közlemenyek evnegyedes, illusztrált. folyóirat. 9. 10 kötet.

Cassel. Verein für Naturkunde. Festschrift zur Feier seines 75jährigen Bestehens.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society. Journal. Vol. 27, No. 1—4.

Cherbourg. Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques. Mémoires. Tome 37.

Chicago. Field Columbian Museum. Zoological series. Vol. X, No. 5: Mammals from western Venezuela and eastern Columbia; Vol. X, No. 6: Description of new fishes from Panama. — Report series: Annual Report of the Director for the year 1911.

— Lloyd Library. Pharmacy series No. 4: History of the vegetable drugs of the pharmacopeia of the U. S., No. 5. — Mycological series No. 6. — Bibliographical contributions No. 5. 6. — Lloyd. Synopsis of the section Ovinus of Polyporns.

Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht. Neue Folge. 53. Band, Vereinsjahre 1910/11 und 1911/12.

Colmar. Naturhistorische Gesellschaft. Mitteilungen. 10. Band, Jahre 1909 und 1910. — Katalog der Bibliothek.

Danzig. Westpreuß. Botanisch-Zool. Verein. 31. und 32. Bericht.

— Naturforschende Gesellschaft. Schriften. Neue Folge. 12. Band, 3. und 4. Heft. — Katalog der Bibliothek der N. G. 2. Heft: C. Meteorologie, D. Physik.

Dar-es-Salâm. Kais. Gouvernement. Der Pflanzer. Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Jahrg. VII No. 7—12, Jahrg. VIII No. 1—7.

Davenport. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 12, pages. 223—240.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht. Sitzungsperiode 1910—1911.

— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen. Jahrgang 1911, Januar bis Dezember.

— Genossenschaft Flora. Gesellschaft für Botanik und Gartenbau. Sitzungsberichte und Abhandlungen. 15. Jahrgang der neuen Folge, 1910—1911.

Dürkheim. Pollichia. Naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Mitteilungen No. 26, 27. Jahrgang 1910.

Düsseldorf. Naturwissenschaftlicher Verein Festschrift zur Feier des 25jährigen Bestehens. — Mitteilungen 5. Heft.

Ebersbach i. S. Humboldt-Verein. Festschrift zur Feier des 50jährigen Bestehens.

Elberfeld. Naturwissenschaftlicher Verein. Jahresberichte. 13. Heft.

Emden. Naturforschende Gesellschaft. 94. Jahresbericht 1908 bis 1909; 95. Jahresbericht für 1910.

Erlangen. Physikalisch-Medizinische Sozietät. Sitzungsberichte. 41. Band 1909; 42. Band 1910.

Firenze. Osservatorio Ximeniano dei P. P. Scopoli. L'Oss. Xim. e il suo materiale scientifico. IV: Jl gabinetto sismologico sotteraneo. V: La statione radiotelegrafica. — Bollettino sismologico. Februar—Juli 1912. — Bollettino meteorologico. Februar—Juli 1912.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein. Jahresbericht für das Rechnungsjahr 1910—1911.

— Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft. 42. Bericht. Heft 1—4.

Freiburg i. B. Naturforschende Gesellschaft. Berichte. 19. Band. 1. Heft.

Gießen. Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Bericht der naturwissenschaftlichen Abteilung. Band 4 (1910 bis 1911). — Bericht der medizinischen Abteilung. Band 6.

Graz. Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: Mitteilungen. Band 47, Heft I, II.

— Verein der Ärzte. Mitteilungen. 27. Jahrg. 1910; 28. Jahrg. 1911.

Halifax. Nova Scotian Institute of Natural Science. Proceedings and Transactions. Vol. 12, Part 3.

Halle. Verein für Erdkunde. Mitteilungen. 35. Jahrgang 1911.

— K. Leopoldinisch-Karolinische Deutsche Akademie der Naturforscher. Leopoldina. Heft 47, No. 6—12; Heft 48, No. 1—5.

— Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen. 1. Band 1911. nebst Bericht über das 132. Gesellschaftsjahr 1911. — Abhandlungen. Neue Folge No. 1.

Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein. Verhandlungen. 3. Folge 1910. XVIII.

Hamilton. Hamilton Scientific Association. Journal and Proceedings. Session 1907—1908. No. XXIV; desgl. sessions of 1908—1910. No. XXV and XXVI.

Heidelberg. Naturhistorisch-Medizinischer Verein. Verhandlungen. Neue Folge. 11. Band, 3. Heft.

— Großh. Sternwarte. Jahresbericht 1910. — Veröffentlichungen. Band 6, No. 3—7.

Helsingfors. Societas pro Fauna et Flora Fennica. Meddelanden. 36. Häftet, 1909—1910; 37. Häftet, 1910—1911. — Acta Societatis 35.

Hermannstadt. Siebenb. Verein für Naturwissenschaften. Verhandlungen und Mitteilungen. 61. Band, 1911, Heft 1—3.

Innsbruck. Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein. Berichte. 32. Jahrgang, 1908/09 und 1909/10.

Karlsruhe. Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie. Jahresbericht für 1910.

— Landes-Gartenbauverein. Der Gartenfreund. Jahrg. 1911.

Kiel. Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein. Schriften. Band 15, 1. Heft.

Königsberg. Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft. Schriften. 51. Jahrgang 1910.

Kolosvar. Siebenbürgisches Nationalmuseum. Mitteilungen aus der mineralogisch-geologischen Sammlung d. S. N. 1. Band, No. 1.

Landshut. Botanischer Verein. 19. Bericht über die Vereinsjahre 1907—1910.

Lausanne. Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Bulletin. Vol. 47, No. 173, 174; Vol. 48, No. 175.

Leipa. Nordböhmischer Exkursionsklub. Mitteilungen. 34. Jahrg. 2.—4. Heft; 35. Jahrg., 1. Heft.

Leipzig. Naturforschende Gesellschaft. Sitzungsberichte. 37. Jahrgang 1910.

Luxemburg. Gesellschaft Luxemb. Naturfreunde. Monatsberichte. Neue Folge. 3. Jahrg. 1909; 4. Jahrg. 1910.

Madison. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters. Transactions. Vol. XVI, Part I, No. 1, 2, 3, 5, 6; Vol. XVI, Part II, No. 1—6.

Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde. Abhandlungen und Berichte. Band II, Heft II.

Marseille. Faculté des Sciences. Annales. Tome XIX.

Merida. Oficina Central de la Seccion Meteorológica del Estado de Yucatan. Boletin Mensual. Juni 1911—Juni 1912.

Mexico. Instituto Geológico de Mexico. Boletin No. 27: Bergeat. La granodiorita de Concepcion del Oro en el Estado de Zacatecas. — No. 28: Villarello. Las aguas subterraneas en el borde meridional de Mexico. — Agras. Informe sobre las

aguas del Rio de Magdalena. — Parergones Tomo III, No. 9, 10.

Mexiko. Observatorio Meteorológico-Magnetico Central. Boletin Mensual. August 1906—Juni 1907; April 1910—Sept. 1911.

Milwaukee. Public Museum. Bulletin. Vol. I, Part II.

— Wisconsin Natural History Society. Bulletin. Vol. 9, No. 1—4.

Montevideo. Museo Nacional. Anales. Vol. VII: Flora Uruguaya. Tomo IV, entr. III.

München. K. B. Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Jahrg. 1910, Heft I—IV.

— Ornithologische Gesellschaft. Verhandlungen. Band XI.

— Bayer. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Mitteilungen. 2. Band, Nr. 19—23. — Berichte. Band XIII.

Münster. Westf. Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst. 39. Jahresbericht für 1910/11.

Nancy. Société des Sciences. Bulletin des séances. Tome XI, Fasc. II, III; Tome XII, Fasc. I, II, III.

Neuchâtel. Société des Sciences Naturelles. Bulletin. Tome 38. année 1910—1911.

New York. American Museum of Natural History. Bulletin. Vol. 30, 1911. — 42th Annual Report for the year 1910; 43th for 1911.

Nürnberg. Naturhistorische Gesellschaft. Abhandlungen. 18. Band, II; 19. Band, I, II, III. Mitteilungen. 1909, III. Jahrgang, Nr. 1—5.

Ottawa. Geological Survey of Canada. Summary Report of the Geological Survey Branch of the Dep. of Mines for the calendar year 1910. — Malloch. Bighom coal basin Alberta. — Springer. On a trenton echinoderm fauna at Kirkfield. — Ries. The clay and shale deposits of Nova Scotia and portions of New Brunswick. — Memoir No. 27: Report of the Commission appointed to investigate Turtle Mountain, Frank, Alberta 1911. — Atlas of Canada No. 4. West and east sheet. 1 : 6 336 000. — T. L. Walker. Report on the molybdenum oires of Canada. — Jennisson. Report on the gypsum deposits of the maritime provinces. — Annual Report of the mineral production of Canada during the calendar year 1910. — An investigation of the coals of Canada with reference to their economic qualities. Vol. I, II.

St. Petersburg. Russische Physikalisch-Chemische Gesellschaft. Journal. Tome 43, Nr. 6—8; Tome 44, Nr. 1—3.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings. Vol. 62, Part I—III; Vol. 63, Part I, II, III.

Pisa. Società Toscana di Scienze Naturale. Atti, Processi Verbali. Vol. 19, No. 1—4; Vol. 20, No. 1—3. — Atti, Memorie. Vol. 26.

Portici. Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della Scuola Superiore d'Agricoltura. Bollettino. Vol. V.

Prag. Deutscher Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein Lotos für Böhmen. Lotos. Band 59.

— K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte 1910, 1911. — Jahresbericht für das Jahr 1911.

Regensburg. Naturwissenschaftlicher Verein. L. v. Ammon. Schildkröten aus dem Regensburger Braunkohlenton.

Reichenberg. Verein der Naturfreunde. Mitteilungen. 40. Jahrg.

Roma. Società Italiana per il progresso delle science. Atti, Quarta riunione; desgl. quinta riunione. — Bollettino bimestrale (R. Comitato Talassografico). No. 6—12.

— R. Accademia dei Lincei. Atti, Rendiconto dell' adunanza solenne del 1. Giugno 1911. Vol. II. — Atti, Rendiconti, Classe di science fisiche, matematiche e naturali. Vol. 20, 1° sem., Fasc. 11—12; Vol. 20, 2° sem., Fasc. 1—12; Vol. 21, 1° sem., Fasc. 1—12; Vol. 21, 2° sem., Fasc. 1—4.

— R. Comitato Geologico d'Italia. Bollettino, Anno 1910, Fasc. 4; Anno 1911, Fasc. 1—3.

San Paulo. Sociedad Scientifica. Revista. Vol. V, 1910.

St. Gallen. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Jahrbuch für das Vereinsjahr 1910.

Sion. Société Murithienne. Bulletin. Fasc. 36, Années 1909—1910.

Stockholm. K. Svenska Vetenskapsakademi. Arkiv för botanik. Band 10, Häfte 2—4.

— Entomologiska Föreningen. Entomologiska Tidskrift. Årg. 32, 1911. — Alfabetiskt register til. Ent. Tidskr. Årgångarna 11—30, 1890—1909.

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde. Jahreshefte. 67. Jahrgang, mit Beilage: Mitteilungen der geologischen Abteilung des K. württ. Statistischen Landesamts, Nr. 8.

Sydney. Australian Museum. Records. Vol. IX, No. 2, 3; Vol. IX, No. 1. — Report of the Trustees for the year ended 30. June 1911.

— Royal Society of New South Wales. Journal and Proceedings. Vol. 44, Part II—IV; Vol. 45, Part I, II.

Tacubaya. Observatorio Astronómico Nacional. Annuario para el año de 1912.

Tokio. Zoological Society. Annotationes zoologicae japonenses. Vol. VII, Part V; Vol. VIII, Part I.

Trondhjem. K. Norske Videnskabs Selskab. Skrifter 1910.

Ulm. Verein für Mathematik und Naturwissenschaften. Jahreshefte. 15. Heft.

Upsala. Universität. Bref och skrifvelser af och till Carl von Linné. Första Afdelingen. Del VI.

— Geological Institution of University. Bulletin. Vol. XI.

Washington. Smithsonian Institution. Report on the progress and condition of the U. S. Natural-Museum for the year ending June 30, 1910; desgl. 1911. — Annual Report for the year ending June 30, 1910.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1910.

Wien. K. K. Geologische Reichsanstalt. Verhandlungen. 1910. Nr. 3—18; 1912, Nr. 1—5. Jahrbuch. 60. Band, 4. Heft; 61. Band, 1.—4. Heft; 62. Band, 1. Heft.

— K. Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Anzeiger. Jahrgang 1911, Nr. 13—26; Jahrgang 1912, Nr. 1—16.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen. 24. Band, Nr. 3—4; 25. Band, Nr. 1—4.

Wiesbaden. Nass. Verein für Naturkunde. Jahrbücher. Jahrgang 64. — Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Wiesbaden im Jahr 1910.

Würzburg. Physikalisch-Medizinische Gesellschaft. Sitzungsberichte 1911, Nr. 1—9.

Zerbst. Naturwissenschaftlicher Verein. Festschrift zur Feier des 50-jährigen Bestehens.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Vierteljahrsschrift. 55. Jahrgang 1910, 3. u. 4. Heft; 56. Jahrgang 1911, 1. 2. 4. Heft.

Zwickau. Verein für Naturkunde. Festschrift zur Feier des 50-jährigen Bestehens, zugleich 40. u. 41. Jahresbericht (1910 und 1911).

Vorstand.

Der Vorstand hat im Vereinsjahr 1911/12 bestanden aus den Herren:

1. Geh. Hofrat Dr. Lehmann, als Vorsitzender,
2. Geheimerat Dr. Bunte, als Stellvertreter des Vorsitzenden und Rechner,
3. Hofrat Dr. Doll,
4. Geh. Hofrat Dr. Haid,
5. Prof. Dr. Schultheiß, als Schriftführer, Redakteur und Bibliothekar,
6. Dr. R. Spuler,
7. Geh. Hofrat Dr. Treutlein.

Bewegung unter den Mitgliedern.

Durch den Tod hat der Verein die Herren Geh. Hofrat Dr. E. Arnold und Geh. Baurat Kalkhoff verloren.

Ausgetreten sind meist infolge von Wegzug die Herren: Prof. Cramer, Prof. Dr. Haber, Prof. Dr. Herzog, Lehramtspraktikant Leier, General Freiherr von Ompteda, Prof. Rothacker.

Eingetreten sind die Herren: Prof. Dr. Bredig, Realschuldirektor Burger, cand. chem. Fürst Kotschoubey, Dr. Ing. Schwaiger, Ministerialrat Schwörer, Prof. Dr. Thoma in Ettlingen, Lehramtspraktikant Wild, Assistent Dr. Wolfke und Prof. Zepf.

Mitglieder-Verzeichnis

(nach dem Stand am 5. Juli 1912).

A. Ehrenvorsitzender:

Geheimerat Dr. K. Engler, Exzellenz (1910).

B. Ehrenmitglied.

Geheimerat Dr. E. Wagner (1908).

C. Korrespondierendes Mitglied.

R. Temple, Schriftsteller in Budapest.

D. Mitglieder*.

Acker, Dr., Chemiker (1910).
Alberti, Dr., Augenarzt (1902).
Ammon, Dr. Otto, Schriftsteller (1883).
Arnold, Prof. Dr. Em., Laboratoriumsvorstand an der chemisch-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt der Techn. Hochschule (1903).
Asal, Ph, Prof. an der Oberrealschule (1909).
Askenasy, Prof. Dr. P., Privatdozent für technische Elektrochemie an der Techn. Hochschule (1909).
Auerbach, Prof. Dr., Kustos für Zoologie am Großh. Naturalienkabinett und Privatdozent an der Techn. Hochschule (1903).
Babo, Ferd., Freiherr von, Oberbaurat (1902).
Babo, Dr. Hugo, Freiherr von, Exzellenz, Vorstand des Großh. Geheimen Kabinetts (1910).
Babo, Dr. Ludw., Freiherr von, prakt. Arzt (1906).
Bartning, Dr. Hans, Regierungsrat (1908).
Bartning, Dr. Herm., Amtsrichter in Pforzheim (1904).
Battlehner, Dr. Th., Bezirksassistenzarzt (1898).
Baumann, Dr., Badearzt in Baden-Baden (1906).
Beck, Dr., Prof. von, Direktor des Städt. Krankenhauses (1906).
Behm, O., Mechaniker (1889).
Benckiser, Dr. A., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Benckiser, Dr. W., Landgerichtsrat (1899).
Benoit, G., Geh. Hofrat, Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1902).
Berberich, Dr. A., prakt. Arzt (1897).
Beutler, J., Regierungsbaumeister in Lauda (1907).
Bezold, Alb. von, Hauptmann (1908).
Bittmann, Dr. K., Oberregierungsrat, Vorstand des Gewerbeaufsichtsamts (1906).
Bodman, H., Freiherr von, Exzellenz, Minister des Innern (1907).
Böhm, Dr. F., Exzellenz, Minister des Kultus und des Unterrichtes (1899).
Bongartz, Dr. A., prakt. Arzt (1896).
Bran, Dr. Fr., Verlagsbuchhändler (1907).

* Die beigefügten Zahlen bedeuten das Jahr der Aufnahme.

Brauer, E., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Maschinenlehre an der Techn. Hochschule (1893).
Bredig, Dr. Georg, Professor der physik. Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule (1911).
Brian, Dr. E., Medizinalrat (1896).
Brodmann, Dr. K., Direktor der Bibliothek der Technischen Hochschule (1908).
Buchmüller, Dr., prakt. Arzt (1905).
Bunte, Dr. H., Geheimerat, Professor der chemischen Technologie an der Techn. Hochschule (1888).
Burger, Realschuldirektor (1911).
Bürgin, Dr. J., Obergeometer an der Techn. Hochschule (1894).
Buri, Theod., Professor an der Realschule in Meßkirch (1903).
Bußler, E., Oberst a. D. (1908).
Carl, Dr. Siegfr., Städt. Obertierarzt (1901).
Clauß, Dr. H. W., prakt. Arzt (1898).
Deimling, Fr., Privatmann (1904).
Dieckhoff, Dr. E., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1880).
Dietzel, Dr. Adolf, in Pforzheim (1908).
Dinner, Dr. H., Professor am Realgymnasium (1904).
Doll, Dr. K., Hofrat, prakt. Arzt (1890).
Döll, G., Medizinalrat (1875).
Dolletscheck, Ed., Ingenieur (1877).
Dörr J., Professor an der Realschule (1895).
Dreßler, Dr., Geh. Hofrat, prakt. Arzt (1910).
Dünckel, W., Chemiker (1909).
Eberle, Dr. G., Medizinalrat, Bezirksarzt (1904).
Eisendecher, K. von, Exzellenz, K. preuß. Gesandter (1906).
Eitel, Dr. K. H., Privatmann und Stadtrat (1897).
Eitner, Prof. Dr. P., Vorstand der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1901).
Elsas, M., Kaufmann (1906).
Engler, Dr. K., Exzellenz, Professor der Chemie an der Techn. Hochschule und Direktor des chemischen Instituts (1876).
Ens, K., Forstrat (1908).
Eppenich, H., Zivilingenieur (1902).
Fels, Forstrat (1908).
Fiebig, Rich. von, Oberst z. D. (1910).

Fikentscher, Tiermaler in Grötzingen (1904).
Fischbach, Dr. E., prakt. Arzt (1895).
Fischer, Otto, Hoflieferant (1901).
Föhlisch, Dr. E., Regierungsrat, Fabrikinspektor (1900).
Förderer, W., Zahnarzt (1905).
Frankenstein, Dr. W., Chemiker (1901).
Freydorf, Rud. von, Hauptmann (1908).
Fuchs, Dr. Gilbert, Privatdozent für Zoologie an der Techn. Hochschule (1910).
Fuchs, Dr. Rud., Baurat (1904).
Galette, Arn., Bankdirektor (1904).
Ganzloser, Emil, Apotheker (1910).
Gau, E., Bankprokurist (1905).
Genter, Dr. Karl, prakt. Arzt (1902).
Gierke, Prof. Dr. Edg. von, Vorstand der Prosektur und des pathol.-bakteriologischen Instituts des städtischen Krankenhauses (1909).
Glockner, E., Exzellenz, Präsident der Oberrechnungskammer (1878).
Goedecker, E., Ingenieur in Frankfurt (1899).
Gräbener, L., Hofgartendirektor (1880).
Gräfenhan, Dr. P., Professor am Kadettenkorps (1897).
Grashof, R., Professor am Gymnasium (1895).
Graßmann, R., Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule (1904).
Gretsch, Eug., Oberforstrat (1903).
Grund, Jul., Fabrikant (1904).
Gutmann, Dr. K., prakt. Arzt (1894).
Gutsch, Dr. L., Medizinalrat, Spezialarzt für Chirurgie (1895).
Hafner, Dr. Fr., Oberregierungsrat im Ministerium des Innern (1886).
Haid, Dr. M., Geh. Hofrat, Professor der Geodäsie an der Techn. Hochschule (1882).
Hallo, Dr. H. S., Privatdozent für Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1911).
Hammer, Dr. Bernh., Oberstabsarzt (1908).
Händel, Wilh., Rechtsanwalt (1905).
Hart, J., Geheimerat, Professor des Maschinenbaues an der Techn. Hochschule (1870).
Hauser, Dr. W., Obermedizinalrat (1898).

Hausrath, Dr. H., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1897).

Heintze, Dr. W., Geh. Legationsrat (1901).

Helbig, Dr. M., a. o. Professor für Bodenkunde an der Techn. Hochschule (1903).

Helbing, Dr. P., prakt. Arzt (1896).

Hellpach, Prof. Dr. W., Nervenarzt, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1906).

Hemberger, H., Oberbauinspektor in Baden (1904).

Henglein, Dr. Mart., Privatdozent für Mineralogie a. d. Techn. Hochschule (1910).

Hennin, Graf Constant. von, Hauptmann und Kammerherr (1911).

Henning, Dr.-Ing. Th., Kommerzienrat (1896).

Heß, Wirkl. Geh. Oberpostrat, Oberpostdirektor a. D. (1901).

Hildebrandt, M., Geh. Oberfinanzrat (1881).

Hoffacker, K., Direktor der Kunstgewerbeschule (1905).

Hoffmann, Dr. H., Medizinalrat, prakt. Arzt (1881).

Hoffmann, K., Major a. D. (1897).

Holderer, Dr. J., Geh. Regierungsrat, Oberamtmann in Kehl (1905).

Holzmann, A., Regierungsrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1893).

Homburger, Dr. Th., prakt. Arzt (1899).

Höpfner, Friedr. jun., Kaufmann (1907).

Huber, Dr. Ernst, prakt. Arzt (1910).

Hutt, J., Zahnarzt (1904).

Jahraus, W., Buchhändler in Straßburg (1899).

Ihm, Dr. E., Frauenarzt (1907).

Joos, Oberingenieur, Großh. Maschineninspektor (1904).

Jourdan, Dr. J., prakt. Arzt (1894).

Just, Dr. Gerh., Privatdozent für phys. Chemie an der Techn. Hochschule (1903).

Kaiser, Dr. F., Medizinalrat (1889).

Karle, M., Professor am Gymnasium (1897).

Kast, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1883).

Katz, Dr., Augenarzt (1905).

Klein, Dr. L., Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Techn. Hochschule (1895).

Klein, L., I. Assistent an der chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt (1897).
Knauer, Leonh., Oberreallehrer (1902).
Kneucker, A., Hauptlehrer (1902).
Knittel, Dr. A., Buchdruckereibesitzer (1902).
Knittel, Dr. R., Verlagsbuchhändler (1895).
Kohler, Eug., Oberbauinspektor (1910).
Köhler, Alb., Forstmeister in Bruchsal (1903).
Kohlhepp, Fr., Veterinärrat (1886).
Kors, A. van der, Bankdirektor (1890).
Kotschoubey, Eugen Fürst von, stud. chem. 1912.
Krack, Oberveterinär (1910).
Krems, Dr. K., Geheimerat, Direktor des Wasser- und Straßenbaues (1907).
Kreßmann, A. Th., Major a. D. (1875).
Krieger, Dr. M., prakt. Arzt in Königsbach (1904).
Kronstein, Dr. A., Chemiker (1896).
Krumm, Dr. F., Spezialarzt für Chirurgie (1897).
Künkel, K., Schulkommissär in Mannheim (1902).
Kux, Dr. H., Chemiker (1899).
Lang, Dr. A., Professor am Realgymnasium (1897).
Lay, Dr. Aug., Seminarlehrer (1903).
Lehmann, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Physik an der Techn. Hochschule (1890).
Leis, Maschineninspektor (1910).
Leutz, H., Professor am Realgymnasium (1896).
Levinger, Dr. F., prakt. Arzt (1895).
Loës, H., Rechtsanwalt (1908).
Lorenz, Dr.-Ing. W., Kommerzienrat (1879).
Mandelbaum, A., Ingenieur (1906).
Massinger, R., Professor an der Oberrealschule (1894).
May, Dr. W., a. o. Professor für Zoologie an der Techn. Hochschule (1899).
Mayer, Paul, Prof. am Realgymnasium (1904).
Mayer, Rud., Photograph (1893).
Mayerhöffer, Ed., Geh. Oberforstrat (1908).
Meeß, Ad., Privatmann und Stadtrat (1899).
Merkel, Dr. E., Reallehrer (1911).
Merton, Gutsbesitzer, Rittnerthaus bei Durlach (1908).

Meyer, Rud., Oberveterinär (1911).
Millas, K. de, Ingenieur (1893).
Mohrmann, Dr., Privatdozent für Mathematik an der Techn. Hochschule (1911).
Molitor, Dr. E., prakt. Arzt (1894).
Müller, Dr. Eb., Laboratoriumsvorstand der chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt (1906).
Müller, Dr. L., Medizinalrat, prakt. Arzt (1896).
Müller, Dr. U., Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1893).
Muth, Dr., Oppenheim (1902).
Näher, R., Baurat (1893).
Naumann, Er., Bergrat (1904).
Nesselhauf, R., Bauinspektor in Rastatt (1906).
Netz, F., prakt. Arzt (1893).
Neumann, Dr. M., prakt. Arzt (1901).
Nied, Professor am Lehrerseminar II (1910).
Nopper, Herm., Professor am Mädchengymnasium (1910).
Nüßlin, Dr. O., Geh. Hofrat, Professor der Zoologie an der Techn. Hochschule (1878).
Oechelhaeuser, Dr. A. von, Geh. Hofrat, Professor der Kunstgeschichte an der Techn. Hochschule (1898).
Oehmichen, H., Fabrikant (1904).
Oppenheimer, Sal., Rechtsanwalt (1907).
Ordenstein, H., Hofrat, Direktor des Konservatoriums (1903).
Pahlen, Baron Arend von der, Diplomingenieur (1908).
Paravicini, Dr. R., Regierungsrat, Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern (1903).
Paulcke, W., Professor für Mineralogie und Geologie an der Techn. Hochschule (1905).
Paull, Dr. H., prakt. Arzt (1898).
Pertz, Dr. Art., Spezialarzt für Chirurgie (1908).
Peter, W., Architekt (1903).
Pezoldt, O., Buchhändler (1903).
Pfützner, H., Geh. Hofrat, Prof. für Heizungs- und Lüftungsanlagen an der Techn. Hochschule (1908).
Pleger, H., Oberleutnant (1908).
Racknitz, Freiherr von, Rittmeister (1910).
Rebmann, E., Geh. Hofrat, Direktor des Realgymnasiums (1902).

Rehbock, Th., Oberbaurat, Professor des Wasserbaues an der Techn. Hochschule (1900).
Reichard, Fr., Stadtbaurat a. D. (1892).
Reinach, M., Geh. Finanzrat (1907).
Reinfurth, Th., Schulkommissär (1903).
Renz, Aug., Kaufmann in Durlach (1908).
Resch, Dr. A., prakt. Arzt (1888).
Richter, Prof. Dr. M., Fabrikdirektor (1903).
Riehm, Ph., Verbandsdirektor (1903).
Riffel, Dr. A., prakt. Arzt, a. o. Professor für Hygiene an der Techn. Hochschule (1876).
Risse, Dr. H., prakt. Arzt (1899).
Röder von Diersburg, Freiherr, Oberst z. D. und Kammerherr (1901).
Roller, Prof. Dr., wiss. Hilfsarbeiter am Münzkabinet (1911).
Rösch, Dr. Friedr., Direktor der Turnlehrerbildungsanstalt (1908).
Rosenberg, Dr. M., prakt. Arzt (1898).
Roth, Dr. K., prakt. Arzt (1897).
Rupp, G., Professor und Regierungsrat, Vorstand der Großh. Lebensmittelprüfungsstation (1899).
Sachs, W., Kaufmann (1904).
Sandel, Dr. K., Chemiker (1909).
Sanden, Konr. von, Oberst a. D. (1908).
Scheele, Apotheker (1908).
Schellenberg, R., Geh. Finanzrat, Ministerialdirektor im Finanzministerium (1899).
Scheurer, K, Hofmechaniker und Optiker (1877).
Schiller, Dr. Arn., prakt. Arzt (1909).
Schleiermacher, Dr. A., Geh. Hofrat, Professor der theoretischen Physik an der Techn. Hochschule (1881).
Schmidle, W., Direktor der Oberrealschule in Konstanz (1908).
Schmidt, Fr., Professor der wissenschaftlichen Photographie an der Techn. Hochschule (1892).
Schmidt, W., Vorsteher des Pädagogiums (1910).
Schoch, C. Fr., Apotheker (1907).
Scholtz, K., Oberstabsveterinär (1905).
Schultheiß, Professor Dr. Ch., Großh. Meteorolog und Dozent an der Techn. Hochschule (1886).
Schumann, W., Diplomingenieur (1910).

Schuster, Fr., Oberstleutnant a. D. (1905).

Schwab, Dr. Th., prakt. Arzt (1905).

Schwaiger, Professor Dr.-Ing. Anton, a. o. Professor der Elektrotechnik (1911).

Schwarzmann, Professor Dr. M., Privatdozent für Mineralogie an der Techn. Hochschule und Vorstand der mineral.-geolog. Abteilung des Naturalienkabinettes (1901).

Schwörer, V., Ministerialrat im Ministerium des Kultus und Unterrichts (1912).

Siefert, X., Geh. Oberforstrat, Professor der Forstwissenschaft an der Techn. Hochschule (1895).

Sieveking, Dr. H., a. o. Professor für Physik an der Techn. Hochschule (1902).

Skita, Dr. A., a. o. Professor für Chemie an der Techn. Hochschule (1905).

Sprenger, A. E., Geh. Oberregierungsrat (1878).

Spuler, Dr. A., a. o. Professor der Anatomie in Erlangen (1897).

Spuler, Dr. R., Augenarzt (1903).

Stark, F., Professor an der Oberrealschule (1895).

Staudinger, Dr. H., a. o. Professor der Chemie an der Techn. Hochschule (1907).

Stauß, Professor Dr. Ant., Betriebsl. Ingenieur an der Techn. Hochschule (1910).

Steiner, Dr. A., prakt. Arzt (1896).

Steinkopf, Dr. W., Privatdozent für Chemie an der Techn. Hochschule (1909).

Sternberg, Dr. H., prakt. Arzt (1897).

Steude, Dr. M., Chemiker und Redakteur (1896).

Stöbe, Lehramtspraktikant (1909).

Stoll, Dr. Herm., Oberförster in Todtnau (1902).

Ströbe, Dr. F., Privatmann (1905).

Stutz, Ludw., Großh. Obervermessungsinspektor (1905).

Teichmüller, Dr. J., a. o. Professor der Elektrotechnik an der Techn. Hochschule (1899).

Thilo, Fr., Forstrat (1908).

Thoma, Dr., Professor in Ettlingen (1911).

Thürach, Dr. H., Bergrat, Landesgeolog in Freiburg (1908).

Tolle, M., Hofrat, Privatdozent für Maschinenbau an der Techn. Hochschule (1906).

Treutlein, P., Geh. Hofrat, Direktor der Goetheschule (1875).
Troß, Dr. O., Hofrat, prakt. Arzt (1893).
Türk, W., Dipl. Ing. in Heidelberg (1909).
Vogel, Dr. Jul., Chemiker (1904).
Vogt, Dr. W., Privatdozent für darstell. Geometrie an der Techn. Hochschule (1908).
Volz, H., Professor an der Akademie der bildenden Künste (1892)
Wagner, Dr. E., Geheimerat, Konservator der Altertümer (1864).
Wagner, G., Privatmann in Achern (1876).
Wagner, Leop., Prokurist (1899).
Wallenberg, A. von, Generalmajor z. D. (1903).
Wild, Lehramtspraktikant (1912).
Williard, A., Baurat a. D. und Stadtrat (1895).
Wilser, Dr. L., Privatgelehrter in Heidelberg (1881).
Wimmer, Dr. Em., Forstamtmann, Privatdozent an der Techn. Hochschule (1904).
Wohnlich, Dr. Em., Assistent a. d. Lebensmittelprüfungsstation (1909).
Wolfke, Dr. M., Assistent am physik. Institut der Technischen Hochschule (1912).
Wunderlich, Dr. H., Hofrat, prakt. Arzt (1896).
Zartmann, Dr. F., Privatmann (1899).
Zepf, Kas., Professor an der Baugewerkschule (1912).
Ziegler, A., Geh. Hofrat (1903).
Ziegler, Dr. V., prakt. Arzt (1899).

Für die Redaktion verantwortlich: Prof. Dr. Schultheiss.

Sitzungsberichte.

(Autoren-Referate.)

733. Sitzung am 14. Juli 1911.

Fortsetzung der Mitglieder-Hauptversammlung vom 30. Juni 1911. Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 40 Mitglieder.
Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Prof. Dr. Ing. Schwaiger.

Der Vorsitzende teilte mit, daß die in der letzten Sitzung durch den Rechnungsprüfer gemachten Ausstellungen vom Vorstand geprüft worden seien, mit dem Ergebnis, daß ein Grund zu einer Beanstandung der Rechnungsführung nicht vorhanden sei. Dem Rechner wird hierauf Entlastung erteilt. Der Vorstand dankte ihm für seine bisherige Mühewaltung und gab dem Bedauern Ausdruck, daß sich Herr Geheimerat Bunte wegen Überhäufung mit Arbeiten außerstande sähe, das Amt des Rechners ferner zu übernehmen. Dieses wird hierauf Herrn Dr. R. Spuler übertragen und der bisherige Vorstand wird durch Zuruf einstimmig wiedergewählt.

Herr Professor Dr. Hausrath hielt sodann einen Vortrag über „Die Entstehung des Breitlohmisses auf dem Kaltenbronn", der bereits im 24. Band der Verhandlungen zum Abdruck gebracht ist.

Herr Geh. Hofrat Dr. Klein drückt in der an den Vortrag sich anknüpfenden Besprechung seine Genugtuung darüber aus, daß die wirtschaftliche Verwertung der kleinen Moore beim Kaltenbronn, durch welche die Vernichtung seltener Pflanzen, die dort eine letzte Zufluchtstätte gefunden haben, herbeigeführt worden wäre, sich als undurchführbar erwiesen hat, und als Botaniker und Naturschutzmann legte er den anwesenden Herren der Forstverwaltung es warm ans Herz, die alten Latschenbestände am Kaltenbronn, die wildesten und malerischsten derselben am Hohlohsee, sowie am

Wild- und Hornsee, die letzten wirklichen Urwaldreste, klein zwar, aber echt, die wir noch im Lande haben, als Naturdenkmäler zu betrachten und vor jeder Nutzung und vor jedem forstlichen Eingriff zu bewahren; daß damit auch den Vereinsmitgliedern aus dem Herzen gesprochen war, zeigte der Beifall, der diesen Ausführungen folgte.

Herr Geh. Hofrat Dr. Haid zeigte sodann die bei den letzten Erdbeben erhaltenen Registrierungen in Durlach und Freiburg vor und machte auf die Verschiedenheiten dieser Seismogramme aufmerksam.

734. Sitzung am 3. November 1911.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Bunte. Anwesend 36 Mitglieder.
Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Prof. Dr. Bredig.

Herr Professor Paul Askenasy sprach „Über die elektrochemische Aluminiumindustrie im Zusammenhang mit der Stickstofffrage". Aluminium läßt sich aus seinem Oxyd (Tonerde) durch Erhitzen mit Kohle gerade so gewinnen, wie die meisten übrigen Metalle durch Erhitzen mit Kohlenstoff aus ihren Oxyden sich abscheiden lassen. Die Reaktion läßt sich bei der großen Energie, mit welcher der Sauerstoff am Aluminium in der Tonerde haftet, jedoch nur bei den Temperaturen des elektrischen Ofens ausführen; erst wenn man Tonerde auf ihren Schmelzpunkt (ca. 2000° C) im Gemisch mit Kohle erhitzt, entsteht aus diesem Reduktionsgemisch Kohlenoxyd und Aluminium. Letzteres kann dabei nur unter bestimmten Bedingungen in reiner Form aufgefangen werden, denn es verbindet sich gleichzeitig leicht mit vorhandenem überschüssigem Kohlenstoff zu Aluminiumcarbid.

Bei der Schwierigkeit, das Aluminium auf diesem Wege zu gewinnen, hat ihn die Technik nur für die Erzeugung von Aluminiumkupferlegierungen benutzen können, die sich im Gegensatz zu reinem Aluminium leicht bilden, wenn man dem Reduktionsgemisch im elektrischen Ofen Kupfer beimengt, indem dieses seinerseits das entstehende Aluminium unter Bildung der bekannten Aluminiumkupferlegierungen aufnimmt, welche sich sehr leicht aus dem Ofen abstechen lassen. Für die Erzeugung von reinem Aluminium benutzt die Technik heute einen anderen Weg: Nicht die elektrothermische

Zersetzung der Tonerde, also nicht einen rein thermischen, oder um es anders zu sagen, einen rein chemischen Prozeß, sondern sie benutzt die spezifische Wirkung des elektrischen Gleichstromes beim Durchgang durch eine Lösung von Tonerde. Man verfährt so, daß man in einem großen, mit Kohleziegel ausgefütterten Kasten Kryolith, ein Doppelsalz (Aluminiumfluorid-Natriumfluorid) bei Rotglut schmilzt und in die Schmelze Tonerde einträgt. Dabei bildet sich eine Lösung von wasserfreier Tonerde in dem Kryolithbade. Senkt man nun in die Schmelze Kohleelektroden ein und verbindet diese mit dem positiven Pol einer Gleichstromquelle, während der Kohleboden des Kohlekastens mit dem negativen Pol derselben Stromquelle verbunden wird, so scheidet sich am Boden Aluminium aus, während der Stauerstoff der Tonerde an den eingesenkten Elektroden zur Abscheidung kommt und sie unter Bildung von Kohlenoxyd verzehrt; sie müssen also von Zeit zu Zeit ersetzt werden. Das am Boden abgeschiedene geschmolzene Aluminium wird von Zeit zu Zeit ausgeschöpft. So werden jährlich etwa 30 000 Tonnen Aluminium erzeugt, davon das meiste in den Vereinigten Staaten, der Schweiz und Frankreich. Daneben kommen als Produktionsländer noch England, Österreich, Italien und Norwegen in Betracht. Deutschland scheidet wegen der allzu beträchtlichen Kosten der Kraft aus.

Arbeitet man nach dem ersterwähnten Verfahren der Reduktion der Tonerde, so daß viel überschüssiger Kohlenstoff im elektrischen Ofen gegenwärtig ist, so bekommt man gar kein freies Aluminium, sondern nur Aluminiumcarbid. Dieses läßt sich vorzüglich verwenden, um atmosphärischen Stickstoff zu binden (Serpekverfahren) und aus dem durch einfaches Erhitzen des Aluminiumcarbides in einer Stickstoffatmosphäre erhaltenen Aluminiumnitrid wird dann durch Behandlung mit Wasser Ammoniak gebildet, das seinerseits auf dem üblichen Wege in Ammoniumsulfat übergeführt und dann wie das in den Kokereien erhaltene Ammoniumsulfat als Stickstoffdünger verwandt werden kann. Der Vortragende erwähnte im Anschluß daran das auf ähnlicher Basis beruhende Verfahren der Bindung von atmosphärischem Stickstoff in Gestalt von Kalkstickstoff, welcher erzeugt wird, indem man Calciumcarbid im Stickstoffstrom erhitzt, und besprach ferner die, beiden Verfahren drohende Konkurrenz der Synthese des Ammoniaks aus gasförmigem Stickstoff und gasförmigem

Wasserstoff nach einem Verfahren des jetzt in der Kaiser Wilhelm-Akademie der Wissenschaften tätigen Professor Dr. F. Haber. Die Zukunft wird lehren, ob alle drei Verfahren nebeneinander konkurrenzfähig bleiben werden, bezw. welches von den dreien siegreich bleiben wird.

735. Sitzung am 17. November 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 36 Mitglieder.
Neu aufgenommene Mitglieder: Die Herren Direktor der Realschule Burger und Prof. Dr. Thoma in Ettlingen.

Herr Direktor Treutlein hielt einen Vortrag über: „Die Aufgabe und die Tätigkeit der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission". Beim letzten Internationalen Mathematikerkongreß zu Rom (1908) war nämlich eine solche Kommission beantragt und gebildet worden, der im Hinblick auf die Wichtigkeit einer vergleichenden Untersuchung der Methoden und Lehrpläne des mathematischen Unterrichtes in den höheren Schulen der verschiedenen Länder der Erde die Aufgabe zugewiesen wurde, diese Frage zu studieren und dem nächsten Kongreß zu Cambrigde (1912) hierüber einen Gesamtbericht vorzulegen. Zur Ausführung dieser Aufgabe wurden in 23 Kulturländern je besondere nationale Ausschüsse gebildet; diese haben den gegenwärtigen Zustand der Organisation und der Methodik des mathematischen Unterrichts aller Schulstufen darzustellen und dabei besonders den modernen Bestrebungen zur Neugestaltung und Verbesserung dieses Unterrichtes Beachtung zu schenken, nicht minder auch der Vorbildung, Ausbildung und Fortbildung der entsprechenden Fachlehrer.

Soweit geplant, werden etwa 200 einzelne gedruckte Berichte teils kürzerer, teils längerer Fassung die den einzelnen Völkern zugewiesenen Aufgaben erledigen; bis jetzt sind einige 80 erschienen. In Ländern mit zentralisiertem oder einheitlich gestalteten Unterrichtswesen bieten diese Berichte zusammenfassende Darstellungen; in Ländern mannigfaltig gestalteten Unterrichtswesens bedarf es mehr eingehender Einzelberichte. So in Deutschland: hier werden fünf Bände nötig sein, die Fülle der Sondergestaltungen des Unterrichtes darzustellen; denn sie umfassen die Unterrichtsarbeit vom Kindergarten bis zur Hochschule und haben auch die so mannigfal-

tigen fachlichen mathematischen Kurse zu behandeln. Dank der unermüdlichen allseitig anregenden Arbeit und Leitung des Geh. Rates Professors Klein (Göttingen) als Vorsitzenden des deutschen Ausschusses wie der Weltkommission ist die Arbeit für Deutschland schön vorgeschritten: 16 Hefte liegen vor, bei Teubner in Leipzig erschienen.

Liegen erst die Berichte aus allen Ländern sämtlich vor, so wird ein wesentlicher Teil und der Hauptzweck der gesamten Arbeit der sein, einen Gesamtbericht abzufassen mit Würdigung der verschiedenen Lehrpläne und Methoden und mit Vorschlägen zu immer besserer Gestaltung des mathematischen Unterrichtes in seiner Bedeutung für fachliche wie allgemeine Bildung.

So wird in der Leistung der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommision schließlich ein Werk vorliegen von größter Bedeutung, eine kulturelle Tat allseitigen Zusammenwirkens, ein neuer Ruhmestitel der Menschheit.

736. Sitzung am 1. Dezember 1911.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend S. K. Hoheit der Großherzog und 79 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Haid berichtete über die aus den Beobachtungen an Horrizontalpendeln in Durlach und Freiburg ermittelten Deformationen des Erdkörpers infolge der Attraktion von Mond und Sonne. Darnach macht auch die feste Erdkruste eine der Ebbe und Flut des Meeres gleichperiodische Bewegung. Diese Bewegung ist allerdings klein, ist aber der Messung mit empfindlichen Instrumenten doch zugänglich und besteht vornehmlich in einem regelmäßigen Schwanken der vertikalen Richtung, welcher die physische Erdoberfläche je nach ihrer elastischen Beschaffenheit mehr oder weniger folgt. Es lassen sich daraus Schlüsse auf die Festigkeit des ganzen Erdballes sichern, welche gewöhnlich durch den sogenannten Starrheitskoeffizienten ausgedrückt wird. Während man bis vor wenigen Jahren der Erde eine einheitliche Festigkeit und zwar diejenige von Stahl beimaß, haben die Beobachtungen der letzten Jahre ergeben, daß der Starrheitskoeffizient in der Nord-Süd-Richtung beträchtlich kleiner als in Ost-West ist und nur 0,3 bis 0,6 des ost-westlichen beträgt. Es hängt dies wohl auch

von der Erdscholle ab, auf der beobachtet worden ist, doch scheint es, daß es in ganz Europa sich so verhält.

Für eine gute Vermittlung solcher Resultate ist eine mindestens über ein ganzes Jahr sich erstreckende nahezu lückenlose photographische Aufzeichnung nötig, wie sie für die beiden Stationen Durlach und Freiburg für die Zeit vom 1. November 1907 bis dahin 1908 vorliegt. Die Resultate sind sowohl in Nord-Süd als auch in Ost-West in guter Übereinstimmung mit den Werten, die früher in Straßburg und Nicolajew für die Ost-West-Richtung allein und neuerdings in Potsdam und Dorpat für beide Hauptrichtungen gefunden wurden. Darnach beträgt der Starrheitskoeffizient für

		N—S	E—W
in Dorpat	(1910)	3,6	6,0.10″ c.g.s.
„ Potsdam	(1911)	1,8	6,2 „
„ Durlach	(1911)	1,1	4,2 „
„ Freiburg	(1911)	3,5	7,7 „

Die gleichen Zahlen sind für Glas 3,0.10″ c.g.s. für Kupfer 4,7 für Stahl 7,7. Weitere Untersuchungen in andern Erdteilen müssen diese Erscheinung noch aufklären, über deren Ursache man vorläufig nur mutmaßen kann, die aber unsere Kenntnis über den Aufbau des Erdinnern erweitern wird. Für diesen Zweck sollen weitere Stationen demnächst in Paris, dann in Winnipeg in Kanada, in Tomsk in Sibirien und eine in Australien errichtet werden.

737. Sitzung am 15. Dezember 1911.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Bunte. Anwesend 39 Mitglieder.

Herr Professor May hielt einen Vortrag über Herders Anschauung der organischen Natur. Er gedachte zunächst der mannigfachen naturwissenschaftlichen und philosophischen Anregungen, die Herder von seinen akademischen Tagen in Königsberg an bis zur Zeit seiner höchsten geistigen Produktivität in Weimar zuteil wurde. Kant, Leibniz, Shaftesbury, Spinoza, Einsiedel und Goethe bestimmten die Richtung seines Denkens. Zugleich nahm er die naturwissenschaftlichen Elemente seiner Zeit, namentlich die Forschungsergebnisse eines Buffon, Camper, Sömmering, Blumenbach und Forster in sich auf, um aus ihnen eine Na-

turanschauung zu gestalten, die seinem individuellen Empfinden entsprach, die ethisch-religiösen Bedürfnisse seiner Persönlichkeit befriedigte. Der Vortragende gab sodann eine kurze Darstellung der Herderschen Naturansicht, als deren charakteristische Momente die Gedanken der Zwecktätigkeit und Gesetzmäßigkeit alles Geschehens, der Einheit der Natur, der Anpassung und der stufenweisen Entstehung der Naturkörper durch die genetische Kraft der Elemente zu gelten haben. Zum Schluß erörterte Professor May die Stellung Herders zum Deszendenzgedanken und bekämpfte die Ansicht Hansens, nach der Herder ein Vorläufer Darwins war. Der Gedanke des genetischen Zusammenhangs der organischen Formen findet sich bei Herder nicht, trotzdem wird er aber stets unter den großen Entwicklungsdenkern aller Zeiten als der ersten einer zu nennen sein.

Über drei wichtige geologische Entdeckungen sprach Herr Prof. Dr. W. Paulcke. Im Jahre 1910 entdeckte der Vortragende gelegentlich einer Exkursion mit Studenten der hiesigen Hochschule bei Hof im Grund in der Nähe von Innertkirchen (Schweiz) in den zwischen Gneiß und Jura liegenden, als fossilleer geltenden sogenannten Zwischenschichten nach systematischem Suchen eine fossile Fauna, durch welche zum erstenmal festgestellt wurde, welches relative Alter diese Schichten besitzen; der vielfach zum Perm gerechnete Komplex wurde als triadischen Alters, und zwar als Muschelkalk von germanischer Ausbildungsweise erwiesen.

Damit wurde festgestellt, daß das germanische Triasmeer bis in diese Region der Schweiz reichte, wenn auch die in demselben abgelagerten Gesteine relativ geringmächtig ausgebildet wurden. Die fossile Fauna zeigt in einzelnen Leitfossilien, wie im Gesamthabitus durchaus germanisches Gepräge. Als Schlußfolgerungen von weittragender Bedeutung für die Auffassung des Gesamtbaues der Alpen ergibt sich aus den neu festgestellten Tatsachen, daß zwischen dem Gebiete der neu erkannten helvetischen Trias und dem germanischen Triasgebiet nicht, wie manche Geologen annehmen, das sogenannte „vindelizische Gebirge“ mit ostalpiner Triasentwicklung versunken liegen kann, sondern, daß die als Überschiebungsreste über den helvetischen Komplexen wurzellos ruhenden Gesteine ostalpiner Trias usw. nur aus Süden überschoben worden sein können. Damit wird ein weiterer fundamentaler Bei-

trag für die noch umstrittene Überfaltungshypothese beigebracht.

Die zweite Mitteilung betraf die im Herbst 1910 nach langem Suchen entdeckten Fossilien im anstehenden Gestein der sogenannten Niesenflyschzone. Dem Vortragenden war schon seit Jahren die auffallende Ähnlichkeit der Ablagerungen dieses Gebiets der Freiburger Alpen mit gewissen Schichten des Prätigau, wie des Unterengadin aufgefallen. — Über den ersten Fossilfund, der ihm vor Jahren im letztgenannten Gebiet gelang, und durch den er dort erstmals das Alter der betreffenden Schichten festlegte, war früher im Naturwissenschaftlichen Verein berichtet worden. — Die Forschungsarbeit im Niesenflyschgebiet galt dem Auffinden analoger Fossilien in den habituell durchaus gleichen Gesteinen. — An einer Stelle wurden denn auch Gesteine entdeckt, welche nach ihrem ganzen Aussehen eine der Graubündner entsprechende Mikrofauna zu enthalten versprachen. Schliffe und mikroskopische Untersuchung bestätigten nach der Heimkehr diese Annahme. Es war gelungen, endlich Leitfossilien in diesem umstrittenen Gebiet zu entdecken und Fossilführung, petrographischer Habitus der Gesteine, sowie ihre tektonische Lage führten den Vortragenden dazu, diesen bisher eine Lokalerscheinung geltenden Komplex als eine weitgehende, am ganzen Vorderrand der Alpen bis nach Graubünden ziehende und überall im gleichen tektonischen Verbande liegende Decke zu deuten. Der neu aufgestellten tektonischen Einheit wurde der Name Bündner Decke gegeben. — Handstücke, wie Schliffe der Mikrofossilien belegten das Gesagte.

Der dritte wichtige Fund im Jahre 1910 betraf die erste Entdeckung von anstehendem Nephrit im Gebiete der Alpen, welche dem Vortragenden zusammen mit Dr. Welter-Bonn gelang. Nach einer Hypothese von G. Steinmann ist Nephrit aus Ganggesteinen eines Gabbroschmelzflusses entstanden, welcher in sog. Peridotite eindrang. Als die letzteren unter Wasseraufnahme in Serpentin verwandelt wurden, wurde auf die entsprechenden Ganggesteine ein enormer Druck ausgeübt, so daß infolgedessen Nephrit aus ihnen entstand.

Falls Steinmanns Ansicht richtig war, mußte überall der Nephrit zu erwarten sein, wo Gabbro in Kontakt mit Serpentin stand.

Der Verfasser führte daher gelegentlich einer Exkursion in seinem langjährigen Arbeitsgebiet, dem Unterengadin, die Exkursion, der auch Dr. Welter angehörte, in die Gegend, wo Nephrit unter den geschilderten Verhältnissen zu erwarten war, und da traf Dr. Welter als Erster auf einen Gang mit anstehendem Nephrit. Einige Tage später entdeckte der Vortragende ein überaus reiches Nephritvorkommen mit 8 schönen Gängen. Damit war erstmals das Vorkommen von Nephrit in den Alpen festgestellt.

Aus diesem wertvollen schönen grünen Strahlsteinmaterial (Jade) verfertigten sich die Pfahlbauer Messerchen. Da man nun früher Nephrit nur aus Asien, Neuseeland usw. kannte, war die Hypothese aufgestellt worden, die Bodenseepfahlbauern hätten schon damals ausgedehnte Handelsbeziehungen mit Asien unterhalten, der Nephrit sei von dort her importiert worden, oder die Pfahlbaubevölkerung sei von Asien eingewandert und habe von dort den Nephrit mitgebracht. Durch den Fund von alpinem Nephrit fallen diese Hypothesen endgültig. Gletscher und Flüsse brachten das Nephritmaterial aus den Hochregionen in das alpine Vorland, wo der Pfahlbauer mit scharfem Blick das edle Material erkannte und verwertete.

Durch Demonstrationen von Pfahlbaunephriten, asiatischen und Graubündner Stücken, aus welch letzteren der Vortragende zum Teil kleine Beile und Messer geschliffen hatte, sowie durch Vergleich der mikroskopischen Schliffe konnten sich die Anwesenden von der Identität des Materials überzeugen.

738. Sitzung am 19. Januar 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr Ministerialrat Schwörer.

Der Vorsitzende teilte zunächst mit, daß der Ehrenvorsitzende des Vereins, Herr Geheimerat Dr. Engler, am 5. Januar seinen 70. Geburtstag gefeiert habe. Es sei geplant gewesen, ihm eine Festschrift zu widmen und bei der ersten Zusammenkunft eine besondere Feier zu veranstalten. Dies sei aber auf den Wunsch des Jubilars unterblieben und der Vorsitzende müsse sich darauf beschränken, an die großen Verdienste des Jubilars zu erinnern, der

14 Jahre lang mit selbstloser Hingabe die Geschicke des Vereins geleitet hat; die Errichtung der Erdbebenstationen in Durlach und Freiburg, die Veröffentlichung des großen Reisewerkes von Futterer, die Einsetzung einer Kommision zum Schutz der Naturdenkmäler, die Ordnung des rechtlichen Verhältnisses des Vereins seien unter seiner Leitung erfolgt. Möge es ihm beschieden sein, noch lange die reichen Früchte seines Wirkens zu genießen im Bewußtsein der großen Verehrung, die ihm alle entgegenbringen, denen er Freund und Berater war und noch ist, nicht zum mindesten der Naturwissenschaftliche Verein.

Herr Professor Dr. Teichmüller hielt sodann einen Vortrag über: „Die erste Überlandzentrale mit 110000 Volt Spannung". Der Vortragende hebt aus der Geschichte der Energieübertragung zwei Daten als besonders wichtig hervor: zuerst das Jahr 1881, in dem Lord Kelvin durch einen Vortrag „Über die in der Natur vorhandenen und für den Menschen zur Gewinnung mechanischer Arbeit verwertbaren Energiequellen" die Aufmerksamkeit darauf lenkte, daß die Elektrotechnik berufen sei, die Wasserkräfte für die menschliche Kultur dienstbar zu machen; sie sollte die Energie der Wasserfälle aus den unwegsamen Gebirgen in die Ebene und in die Städte leiten, wo sie, die Kohle ersetzend, ausgebeutet werden könne. Damit würde eine neue Zeit für die Energiegewinnung und für die Kultur überhaupt anbrechen. Das zweite Datum fällt in das Jahr 1891, wo durch die Lauffen-Frankfurter Kraftübertragung zum ersten Male an einem Beispiele gezeigt wurde, daß der von Kelvin ausgesprochene Gedanke im großen Stile praktisch wirklich durchführbar sei. Von jener Zeit an beginnt die elektrische Hochspannungstechnik sich zu entwickeln. Wie weit die Entwicklung heute vorangeschritten ist, zeigt eine Überlandzentrale größten Umfangs mit der höchsten bisher praktisch verwendeten Spannung von 110000 Volt, eine Anlage, durch die in den Niagarafällen entnommene Energie nach Berlin (dorthin zuerst) und nach anderen Städten des Staates Ontario in Kanada übertragen wird. Die Anlage stellt ein staatliches Unternehmen dar, und sie darf heute auch in weiteren Kreisen, besonders bei uns in Baden Interesse beanspruchen. Ist doch für das Großherzogtum Baden zur Ausbeutung der Wasserkräfte der Murg eine ähnliche Anlage geplant. Der Vortragende gibt darnach von der Anlage in Ontario eine Beschreibung, die durch eine große Anzahl von Licht-

bildern und einige der Leitungsanlage entnommene, im Original vorgeführte Teile der Anlage illustriert wird. Die Energie wird auf ein Gebiet von etwa 210 Kilometer Länge und etwa 110 Kilometer Breite verteilt (die Entfernung von Basel bis Heidelberg beträgt in der Luftlinie ungefähr 220 Kilometer). In Kürze wird auch der Ort Windsor in einer Entfernung von etwa 390 Kilometer angeschlossen, also ein Gebiet von der Ausdehnung von Basel bis Cöln (375 Kilometer in der Luftlinie) bestrichen werden. Die Energie wird nicht in einer eigenen Wasserkraftanlage gewonnen, sondern von einem früher erbauten Werke dem Werke der Ontario Power Co. gekauft. Das Wasser wird zur Kraftstation in drei unterirdischen Röhren von 5½ Meter Durchmesser geleitet und seine Energie in 10 Turbo-Dynamos von je ungefähr 12 000 Pferdekräften in elektrische Energie unter 12 000 Volt Spannung umgesetzt; die Stromart ist Drehstrom. Die Spannung wird in einer dem Staate gehörigen Transformatorstation von 12 000 auf 132 000 Volt erhöht und die Energie unter dieser Spannung verteilt. Die Verluste setzen sich von Punkt zu Punkt herab, so daß sie auch an den entferntesten Orten noch 110 000 Volt beträgt. — Die Leitungen sind Ringleitungen so von Stadt zu Stadt geführt, daß jede Stadt, wenn die Energiezufuhr von der einen Seite versagt, noch von der andern versorgt wird. Die Leitungen bestehen aus Aluminiumseilen von 107 und 85 Quadratmillimeter Querschnitt. Als Isolatoren mußten sogenannte Hängeisolatoren verwendet werden, weil Stützisolatoren, wie sie für niedrige Spannungen, auch für Telegraphenleitungen, allgemein in Gebrauch sind, für die ungewöhnliche hohe Betriebsspannung viel zu groß hätten genommen werden müssen, als daß sie praktisch noch ausführbar und anwendbar gewesen wären. Die Hängeisolatoren bestehen aus einer größeren Zahl (8 bis 10) Isolatoren besonderer Form, die einer an den anderen gehängt sind; diese Isolatorkette ist an dem Arme des Leitungsturmes aufgehängt, und das unterste Glied nimmt die Leitung auf. Durch sehr umfangreiche und kostspielige Untersuchungen der von verschiedenen Firmen angebotenen Isolatorkonstruktionen hat sich die staatliche Kommission, die mit der Erbauung des Werkes betraut war, sehr verdient gemacht. Daß solche Isolatorketten nach allen Seiten ziemlich frei beweglich sind, ist natürlich ein Nachteil, den sie gegenüber den Stützisolatoren haben. Man muß diesem Nachteil durch technische Mittel begegnen. Zu diesen

Mitteln gehört die Aufstellung großer Leitungstürme mit weitausladenden Querarmen an Stelle der Leitungsmaste. Die Türme in Ontario sind in Stahl konstruiert und im allgemeinen 20 Meter hoch; sie überdecken mit ihren vier Beinen einen Raum von 5,18 Meter im Quadrat und bauen sich pyramidenförmig auf. Die Querarme zur Aufnahme von zwei Drähten laden bis annähernd 5 Meter weit aus. Unter den Türmen, die für besondere Stellen konstruiert werden mußten, zeichnen sich die zur Überschreitung des Wellandkanals gebauten durch ihre Größe von 42,7 Meter besonders aus. Die Unterstationen, die in den einzelnen Ortschaften die hohe Spannung auf eine Mittelspannung von 13 200 Volt zur Verteilung im Ort umsetzen — (diese Spannung wird natürlich noch weiter, nämlich auf 110 Volt, zur Verteilung in die Häuser herabgesetzt) — umfassen die Transformatoren, die Schalter, die Leitungsschutzeinrichtungen, die Sammelschienen und die (weniger beachtenswerten) Einrichtungen für die Mittelspannung; sie sind, was ihre elektrische Anordnung betrifft, sehr einfach, haben aber in ihren mechanischen Einzelheiten und in ihrem Zusammenhang sehr große Sorgfalt bei der Konstruktion erfordert, damit den Eigenarten der hohen Spannung Rechnung getragen und Gefahren vermieden würden. Vor allem durfte nicht an Raum gespart werden. Die Leitungen innerhalb der Gebäude sind auf hohen Stütz- oder auf Hängeisolatoren in einem Abstande von wenigstens 2,44 Meter geführt. Die Schalter bestehen in großen mit Öl gefüllten Kesseln, innerhalb deren die mechanische und elektrische Unterbrechung der Leitungen stattfindet. Von ihrer Größe kann man sich einen Begriff machen, wenn man erfährt, daß zur Aufstellung von 9 Schaltern ein Raum von 20 × 6 Meter Grundfläche erforderlich ist. Ähnlich ungewöhnliche Abmessungen haben die Überspannungsschutzvorrichtungen, die Leitungsdurchführungen durch die Mauern der Gebäude und andere Teile, die zur Ausstattung der Unterwerke gehören. Die Anlage hat sich seit ihrer Betriebseröffnung (mit der Energielieferung nach Berlin am 2. Oktober 1910) sehr gut bewährt. Die Gefahren der hohen Spannung haben sich, nachdem man die Spannung technisch so gut zu beherrschen gelernt hat, als nicht größer erwiesen als die bisher gebräuchlichen Hochspannungen. Nur die Vögel zeigen sich gegen die Spannung viel empfindlicher und vermeiden es, sich auf die Leitungen zu setzen. Auch wirtschaftlich ist mit der Anlage ein voller Erfolg erzielt worden; der Preis der elek-

trischen Energie ist in allen an die Anlage angeschlossenen Städten gegenüber den früheren Preisen erheblich vermindert, teilweise bis auf die Hälfte. Um den Erfolg zu sichern, hat die Regierung keine Mittel gescheut und große Kosten, auch für Versuche und Instruktionsreisen, vor allem auch nach Deutschland, aufgewendet. Das hat dazu geführt, daß auch die deutsche Industrie zur Erbauung des Werkes mit herangezogen wurde: Die Turbinen in der Zentrale sind sämtlich von der Firma J. M. Voith in Heidenheim geliefert (von einem Schüler der Karlsruher Hochschule konstruiert). Die Isolatoren und Leitungsdurchführungen sind zum Teil von der Porzellanfabrik Hermsdorf in Sachsen-Altenburg geliefert. Die beiden Männer, denen das Hauptverdienst an der erfolgreichen Errichtung der ungeheuren Anlage gebührt, sind Deutsche: Der Vorsitzende der Staatlichen Kommission, Adam Beck, stammt aus Baden, der Chefingenieur P. W. Sothmann, ist zwar in Dänemark geboren, hat aber seine Erziehung und seine technische Ausbildung vollständig in Deutschland erhalten. So kann der Erfolg als ein Produkt amerikanischen Unternehmungsgeistes und deutscher Gründlichkeit und Wissenschaftlichkeit angesehen werden. Möge die für unser Heimatland geplante Anlage mit dem gleichen Erfolge ausgeführt und dem Lande zum Segen werden!

739. Sitzung am 2. Februar 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann.

In dem völlig besetzten großen Hörsaal für Physik der Technischen Hochschule hielt Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann einen längeren Experimentalvortrag über: „Die Energiequanten und Magnetonen, die neuesten Grundbegriffe der Physik“.

Der Vortrag ist bereits im 24. Band der Verhandlungen wörtlich zum Abdruck gebracht.

740. Sitzung am 16. Februar 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 18 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann hielt einen Vortrag über Wirbelstürme und Magnetfelder auf der Sonne.

Das Zeeman-Phänomen, die Erscheinung, daß die Farbe einer Lichtquelle sich ändert, wenn diese der Einwirkung magnetischer Kräfte ausgesetzt wird, gab Anlaß zur Entdeckung des amerikanischen Astronomen Hale, daß sich auf der Sonne starke Magnetfelder bilden infolge von Wirbelstürmen in der Sonnenatmosphäre, welche wegen Ausstrahlung negativer Elektrizitätsteilchen (Eektronen, Kathodenstrahlen), die z. B. auf der Erde die Polarlichter hervorrufen, positiv elektrisch wird, weil kreisende postiv elektrische Atome ein Magnetfeld erzeugen müssen genau wie ein gewöhnlicher kreisförmiger Leitungstrom. Daß wirklich kreisende Strömungen (Wirbelstürme) in der Sonnenatmosphäre vorhanden sind, konnte durch Photographie in einfarbigem Lichte nachgewiesen werden. Bei Verwendung des vollen Sonnenlichtes gelingt dies nicht, da die Sonnenatmosphäre bis zu gewissem Grade durchsichtig ist, somit auf der photographischen Platte eine Übereinanderlegung der Bilder der verschieden beschaffenen Schichten der Atmosphäre und des Kernes entsteht, in welcher Details nicht zu erkennen sind. Der Umstand, daß bestimmte Farben des Lichtes des Kerns durch Absorption in der Sonnenatmosphäre ausgelöscht werden, also im Spektrum als dunkle Streifen (Frauenhofersche Linie) erscheinen, inmitten deren helle, bestimmten Schichten der Sonnenatmosphäre entsprechende Linien auftreten können, ermöglicht nun aber photographische Aufnahme der Sonne lediglich in dem Licht, welches von einer bestimmten Schicht ihrer Atmosphäre ausgeht, so daß ein genaues Bild der Struktur dieser Schicht allein erhalten wird. Beispielsweise strahlt eine der höchsten Schichten nur das rote Licht aus, welches im Spektrum die Lage der roten Wasserstofflinie hat. Die allerhöchsten Schichten leuchten im Lichte der K- und H-Linie des Kalziums, richtiger eines gasförmigen Bestandteiles desselben, welcher noch leichter als Wasserstoff und Helium ist. Gerade die Struktur dieser höchsten Schicht, — sie erscheint als Netzwerk feiner Linien, dessen Maschen von dunkleren und helleren Flecken (Sonnenflecken und -Fackeln) erfüllt sind —, ist von besonderer Wichtigkeit, denn die Linien erweisen sich als die Grenzen von Wirbelgebieten, in welchen in der Mitte heißes Gas aufsteigt, dabei sich abkühlend und gewissermaßen Wolken (dunkle Flecken) bildend, während am Rand das abgekühlte Gas zurücksinkt, sich dabei durch Verdichtung erwärmend (wie der Föhnwind) und deshalb stärker leuchtend (Fackeln). Genau wie in der Erdatmosphäre

findet die Zuströmung zu einem solchen Wirbel (barometrischen Minimum) nicht einfach radial, sondern infolge der Rotation der Sonne und der Trägheit der Gasmassen in Spirallinien statt (Cyklonen und Anticyklonen) und der Drehungssinn dieser Wirbelstürme ist naturgemäß zu beiden Seiten des Sonnenäquators der entgegengesetzte. Da die Sonnenatmosphäre, wie schon bemerkt, erfüllt ist von positiv elektrischen Atomen (Ionen), entstehen in der Achse der Wirbelstürme magnetische Kräfte (Kraftlinien), welche eine Veränderung des von diesen Gebieten ausgesandten Lichtes hervorbringen, derart, daß jede Spektrallinie ersetzt wird durch zwei Spektrallinien, von welcher die eine gegen das rote, die andere gegen das violette Ende des Spektrums hin verschoben ist. Der Abstand ergibt ein Maß für die Stärke des Magnetfeldes. So hat sich ergeben, daß dieselbe etwa der Stärke des Magnetfeldes gleichkommt, wie es bei gewöhnlichen Dynamomaschinen und Elektromotoren benutzt wird, woraus zu schließen ist, daß die Stärke der elektrischen Ströme (Konvektionsströme), welche dieselben erzeugen, etwa 0,1 Ampère pro Quadratmeter Querschnitt beträgt. Auch die Richtung der Ströme läßt sich aus der Veränderung des Spektrums erkennen, denn die beiden Linien, welche an Stelle einer Spektrallinie getreten sind, erweisen sich entgegengesetzt zirkularpolarisiert, wie die Theorie fordert und je nach der Umlaufsrichtung der elektrischen Ströme ist der Umlaufssinn der Zirkularpolarisation jeder der beiden Linien verschieden. Es ergibt sich, wie zu erwarten, Verschiedenheit desselben zu beiden Seiten des Sonnenäquators. Ist die Wirbelachse schräg oder gar parallel zur Sonnenoberfläche gerichtet, was auch vorkommt, so muß theoretisch neben dem Duplett (Paar von Linien) auch die ursprüngliche Spektrallinie, also zusammen ein Triplett zu sehen sein, was tatsächlich zutrifft. Selbst die Geschwindigkeit der auf- und absteigenden Gasströme läßt sich durch die entsprechende (durch das sog. Dopplersche Prinzip bestimmte) einseitige Verschiebung aller Spektrallinien bestimmen. Man findet Werte bis zu 2000 Meter per Sekunde. Da die Momentanphotographie der verschiedenen Schichten der Sonnenatmosphäre eine exakte Darstellung aller gleichzeitig vorhandenen Strömungen ergibt, so ist man im Prinzip imstande, auf einfache Weise die Vorgänge in der Sonnenatmosphäre weit vollständiger zu ermitteln, als es die mühsam zusammengestellten Wetterkarten hinsichtlich der Strömungen in der Erdatmosphäre ermöglichen.

Der Vortragende trug dann weiter über: „Die Beschaffenheit der Mondoberfläche“ vor. Durch Bestimmung der Bahn des Mondes gelangt man zur Kenntnis seines spezifischen Gewichts. Während das der Erde durchschnittlich 5,56 ist, woraus man schließt, daß der Kern der Erde im wesentlichen aus Meteoreisen besteht, ist das spezifische Gewicht des Mondes nur 2,5, also etwa dasselbe wie das gewöhnlicher Gesteinsmassen (Granit usw.). Beleuchtet durch die helle Strahlung der Sonne erscheint der Mond weiß, etwa wie wenn er aus Marmor, Gips oder Kreide bestände. Die genauere Messung seiner Helligkeit ergibt aber, daß er nur grau ist, er strahlt nur 0,11 bis 0,17 von dem zugestrahlten Lichte zurück, während z. B. die Venus viel weißer ist, insofern sie weit über die Hälfte zurückstrahlt, vermutlich weil ihre Atmosphäre von dichten weißen Wolken erfüllt ist. Um genauer zu erfahren, welches die grauen Mondgesteine sind, hat man gleichzeitig photographische Aufnahmen in gewöhnlichem und ultraviolettem Lichte gemacht. Bleiweiß und Zinkweiß erscheinen in gewöhnlichem Licht photographiert genau gleich, in ultraviolettem dagegen kommt nur Bleiweiß weiß, Zinkweiß dagegen schwarz, weil es diese Lichtart nicht reflektiert. Ähnliche Unterschiede hat man bei großen Gebieten der Mondoberfläche gefunden, doch konnte noch nicht festgestellt werden, welche Gesteinsarten sich ebenso verhalten.

Herr Prof. Dr. Sieveking führte darauf seinen sogenannten Diktographen, der dazu verwendet wird, die in ihn gesprochenen Worte zum Zweck der Niederschrift wiederzugeben, vor und Herr städt. Obertierarzt Dr. Carl berichtete über einige neuere Bestrebungen zur Heilung bösartiger Geschwülste, speziell über v. Wassermanns chemo-therapeutische Versuche an krebskranken Mäusen.

741. Sitzung am 1. März 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 53 Mitglieder.

Herr Dr. Willy Hellpach sprach über: „Die Periodizität des Seelenlebens und ihre Beziehungen zu kosmischen Perioden“. Nach einer Definition des Begriffes Periodizität und Anführung einiger alltäglicher Beispiele seelisch periodischer Erscheinungen wandte sich der Redner den erst von der Wissenschaft aufgedeckten Perioden zu, die er in seelische

Jahres- und Tagesperioden gliederte. Im Rahmen des Jahres ist die gesicherteste Beobachtung das Auftreten einer gesteigerten seelischen Erregtheit bei gleichzeitiger Abnahme der intellektuellen Anspannungsfähigkeit im Mai und Juni, wie sie sich in der Häufung der Selbstmorde, der Konzeptionen, der sexuellen Gewalttaten, der geistigen Erkrankungen und der Erregungszustände der Irren, sowie endlich in der geistigen Leistungsfähigkeit in den Schulen kundgibt. (Lombroso verlegte auch die Mehrzahl der genialen Einfälle in diese Monate; bei aller Reserve demgegenüber ist es doch interessant, daß auch die Patentanmeldungen der Erfinder im Spätfrühling eine besondere Häufung aufweisen sollen). Ferner sinkt stets die geistige Arbeitsfähigkeit im eigentlichen Hochsommer nach allen Richtungen hin und steigt umgekehrt auf den höchsten Punkt im Winter, wo sie im einzelnen je nach der atmosphärischen Helligkeit schwankt. Im Rahmen des Tages vollzieht sich der bekannteste periodische Wechsel unseres Seelenlebens in den Zuständen von Wachen und Schlaf, Frische und Müdigkeit. Besonders der Gang der Schlaftiefe ist genau erforscht: die größte Schlaftiefe liegt normaler Weise vor Mitternacht (d. h. in den beiden ersten Schlafstunden); eine geringere nochmalige Vertiefung des während der ganzen übrigen Nacht viel flacheren Schlafes liegt kurz vor dem Erwachen. Auffallend ist, daß die natürlichen Zeiten des Schlafbedürfnisses und des Aufwachens mit dem Maximum, bezw. Minimum von Luftdruck und Elektrizität ungefähr zusammenfallen. Über Tages zeigt die geistige Leistungsfähigkeit regelmäßig ein tiefes Minimum während der Mittagstunden und einen lebhaften Wiederanstieg im späten Nachmittag. Monat und Woche, früher die Einheiten des Mondumlaufes, sind heute konventionelle Zeitgebilde; wöchentliche und monatliche Schwankungen des Seelenlebens, die man nachgewiesen hat, können nur mit sozialen Lebensbedingungen zusammenhängen. Man hat sich aber neuerdings (allen voran der bekannte Naturforscher Arrhenius) wieder mehr der Frage der Beeinflussung von Lebensvorgängen durch die Mondphasen beschäftigt. Die Abhängigkeit der Menstruationen und der epileptischen Anfälle vom Monde, die Arrhenius gefunden zu haben meint, wird von anderen bestritten. Über jeden Zweifel sichergestellt aber ist das wunderbare Palolo-Phänomen, d. h. die Tatsache, daß die Fortpflanzungsstücke des Südseewurmes Eunice immer nur in der Nacht vor der astronomischen Vollendung des

letzten Mondviertels im Oktober und November ausschwärmen. Von den Erklärungsversuchen, die dafür beigebracht worden sind, erscheint uns keiner zureichend. Der Vortragende streifte dann noch die Überjahresperioden des Seelenlebens, wie sie (vorerst jeder Gesetzmäßigkeit spottend) namentlich bei den cyklischen Geisteserkrankungen vorkommen, und wie sie im Bereich des Normalen am interessantesten Möbius an der Siebenjahreperiode Goethes nachgewiesen hat. Auch Bismarck glaubte an sich selber in elfjährigen Abständen eintretende seelische und körperliche Krisen feststellen zu können. Die Ursachen hierfür liegen noch völlig im Dunkel. Mit einer kurzen Wiedergabe und Kritik der Fließschen Hypothese, welche alle Periodizitäten auf Einheiten von 28 und 23 Tagen (weibliche und männliche Periodeneinheit) zurückführen will, beschloß der Redner seine Ausführungen.

742. Sitzung am 15. März 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 36 Mitglieder.

Herr Prof. Dr. Sieveking hielt einen Vortrag über „Die neueren Auffassungen von Elektrizität und Äther". Der Vortragende behandelt in kurzen Zügen die Maxwellsche Theorie und ihre von H. Hertz gegebene Erweiterung für bewegte Körper, besprach sodann die Theorie von H. A. Lorentz, die im Gegensatz zur Theorie von Hertz mit den bekannten Versuchen von Wilson, Eichenwald und Fizeau im Einklang steht. Ausführlich behandelt wurde der Interferenzversuch von Michelson und die zu seiner Deutung von H. A. Lorentz und Fitzgerald aufgestellte Kontraktionshypothese. Zum Schluß wurde das Einsteinsche Relativitätsprinzip, das auf einem ganz andern Weg zu den gleichen Schlüssen, wie die Lorentzsche Theorie führt, ausführlich dargelegt.

743. Sitzung am 26. April 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 29 Mitglieder.
Neu aufgenommene Mitglieder: Die Herren Lehramtspraktikant Wild, Assistent Dr. Wolfke, Prof. Zepf.

Herr Privatdozent Dr. Henglein sprach über „Radiummineralien und ihre Lagerstätten". Seit der Entdek-

kung des Radiums und der Wirkungen seiner Strahlen haben sich sowohl Regierungen, als auch Private bemüht, für eine regelmäßige Radiumproduktion geeignete Lagerstätten aufzufinden und zu verwerten. Soweit unsere Kenntnis der radioaktiven Lagerstätten reicht, ist das Radium ausschließlich an Uran gebunden; auf ca. 2 600 000 Teile Uran kommt 1 Teil Radium. Der Vortragende berichtete über 14 Uranmineralien und zeigte eine Reihe derselben vor. Für die Radiumgewinnung kommt als einziges Mineral das Uranpecherz in Betracht; der gegenwärtig in Colorado gewonnene Carnotit, ein Uranvanadinit und der radiumhaltige Kolm von Närke und Westergötland in Schweden, sind nur spärliche Vorkommen. Das Rohmaterial dürfte wohl zu teuer sein für die Radiumproduktion. Uranpecherz kommt vor als magmatische Ausscheidung im Granit bei Lungwengule im Ulugurugebirge im Bezirk Morogoro, Ostafrika, und Stavanger in Norwegen, auf den den Granit durchsetzenden Zinnerzgängen von Cornwall und auf Nickel-, Kobalt- und Edelmetallgängen in Gilpin County, Colorado, sowie besonders im sächsisch-böhmischen Erzgebirge. Der Vortragende ging auf die Geologie und die Gangausfüllungen dieser Gegend näher ein und gab als gemeinsame Merkmale aller radiumhaltigen Uranerzgänge an, daß alle an Granitgebiete und hochgradig umgewandelte Schiefer gebunden sind. Radium und Uran sind also saure Elemente. Auf allen Gängen, einschließlich der Zinnerzgänge, ist die Vergesellschaftung der Uranerze mit sulfidischen Erzen von Edelmetall, Kupfer, Kobalt und Nickel bemerkenswert; Zinnerze treten, abgesehen vom Cornwalldistrikt, auch in der Nähe anderer Uranerzgänge auf. Man kann den Satz aufstellen, daß uranerzverdächtig solche sulfidische Erzgänge sind, die in oder in der Nähe zinnerzführenden Graniten aufsetzen. Von allen Uranerzlagerstätten kommt für eine regelmäßige Produktion nur St. Joachimsthal in Böhmen in Betracht. Krusch schätzt die Maximalproduktion, welche die dortigen Gruben auf längere Zeit zu liefern imstande sind, auf 16—20 t jährlich mit einem Durchschnittsgehalt von 55 % Ur_3O_8. Die aus dem Uranpecherz gewonnenen Uranfarben sind nicht radioaktiv; es ist also möglich Uran von Radium zu trennen, derart, daß die Rückstände der Uranfarbenfabrikation die gesamte ursprünglich im Pecherz enthaltene Radiummenge haben. In den Rückständen findet eine 3- bis 4fache Konzentration des Radioaktivität statt; die bisherige Erfahrung zeigt,

daß die verarbeitete Pechblende $^1/_3$ ihres Gewichts Rückstände liefert, so daß bei einer Jahresförderung von 18 t Erz mit ca. 6 t Rückständen zu rechnen ist. Daraus wird man in Zukunft 1,8 gr Radiumsalz höchster Aktivität herstellen. Wenn man in Österreich in den letzen Jahen 3,5 gr produzierte, so stammte das Ausgangsmaterial nicht aus einer regelmäßigen Produktion des Pecherzes, sondern aus einer erheblichen Menge alter Vorräte, die aber jetzt erschöpft sein dürften. Der Preis für 1 gr Radiumsalz höchster Aktivität beträgt ca. 400 000 Frs., der heutige Radiumpreis ist aber ein Zufallswert, der nicht mit dem Marktpreise anderer Metalle verglichen werden kann. Dem Wert stehen die außerordentlich geringen Unkosten gegenüber, nämlich 10 000 Frs. pro Gramm. Aus diesem Verhältnis der Unkosten zum Wert könnte man schließen, daß bei dem heutigen Radiumpreis noch sehr arme Erze verwertbar sind und daß man eventuell von einem Rohmaterial ausgehen kann, welches nur wenige % Ur_3O_8 enthält. Die Erfahrung lehrt aber Vorsicht bei derartigen Schlüssen; denn es zeigt sich bei allen Metallen, daß die uns bekannten chemischen Prozesse nur bis zu bestimmten Verdünnungen möglich sind. Bei stärkeren Verdünnungen wirken die betreffenden Fällungsmittel nicht mehr. Eine Radiumfabrikation ist nach den bisherigen Erfahrungen nur möglich nach vorausgegangener Uranfarbenfabrikation. Würde man nur das Radium aus dem Uranpecherz herstellen, so wären die Unkosten sehr bedeutend. In letzter Zeit erwächst dem Radium in dem Mesothorium und seinem Zerfallprodukt Radiothor eine Konkurrenz. Diese Präparate werden aus thoriumhaltigen Mineralien Monazit, Thorit und Orangit hergestellt; man gewinnt ebenfalls die Bromverbindung und verkauft das Mesothorium in Mengen, deren Aktivität 1 mg Radiumbromid entspricht für 200 M. Zum Schluß berichtete der Vortragende über den Einfluß der Radiumbestrahlung auf die Farbe von Mineralien. Wenn es auch bis jetzt noch nicht möglich ist, hieraus direkt die Natur des Pigments zu ermitteln, so besteht doch die Aussicht, andere Faktoren, welche bei der Färbung mitwirken, kennen zu lernen.

In der sich daran knüpfenden Besprechung verteidigt Herr Prof. Dr. Sieveking die Theorie, daß der Radiumgehalt der Erde deren Ausstrahlung entgegenwirke und daß diese deshalb älter sei, als die Physiker bisher angenommen hätten; er teilte ferner mit, daß in den Badener Thermen Helium nachgewiesen worden sei.

Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann sprach über die Theorie, nach der die Sonnenwärme immer wieder durch Radium und Helium, sein Zersetzungsprodukt, einen neuen Zuwachs erhalte, sich also nur langsam abkühle.

744. Sitzung am 10. Mai 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 37 Mitglieder.

Neu aufgenommenes Mitglied: Herr cand. chem. Fürst Kotschoubey.

Herr P. A. Liesegang aus Düsseldorf hielt im großen Hörsaal für Physik der Technischen Hchschule einen Experimentalvortrag über „Die Fehler der Linsen". Der Vortragende zeigte zunächst durch einen Versuch, wie die einfache Linse bei großem Gesichtswinkel ein völlig unbrauchbares Bild liefert, dem allerlei Mängel anhaften: Farbsäume, Verschwommenheit und Verzerrung. Nur die Mitte des Bildes weist Schärfe auf. Die Farbenabweichung, welche an Hand weiterer Versuche zur Anschauung gebracht wurde, ist auf die prismatische Gestalt der Linse zurückzuführen. So wurde auch mit Hilfe von Prismen aus Crown- und Flintglas gezeigt, wie man diese Abweichung beseitigt. Die sphärische Abweichung wird durch die kugelförmige Gestalt der Linse bedingt; sie äußert sich darin, daß die Randstrahlen stärker gebrochen werden und ihren Vereinigungspunkt näher an der Linse haben, als die zentralen Strahlen. Der Verlauf der Strahlen und die Wirkung dieses Fehlers wurden durch Versuche dargetan, wobei auch gezeigt wurde, daß durch Abblenden eine Besserung erzielt wird. Da die Blende indessen viel Licht raubt, muß man nach einem anderen Abhilfemittel suchen; ein solches ergibt sich in der Kombination der Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse, welch letztere die sämtlichen Strahlen auf einen Punkt vereinigt, ohne die Ablenkung zu beheben. Man hat zwar auch eine Linse mit ovaler Oberfläche berechnet, die frei von sphärischer Abweichung; doch läßt sich diese in der Praxis nicht verwerten. Unangenehme Abweichungen zeigen die schräg auf die Linse auffallenden Strahlen, die also von Punkten ausgehen, welche seitlich der optischen Achse liegen. Wie durch Lichtbilder und weitere Versuche gezeigt wurde, haben wir es zunächst ebenfalls mit einer sphärischen Abweichung, der sog. Koma, zu tun; diese ruft an Stelle des Bildpunktes einen komet-

schweifartigen Fleck hervor, indem die Schnittpunkte der Strahlen infolge verschieden starker Brechung in einem gestreckten „Brennraum" hintereinander liegen. Auch hier kann durch starkes Abblenden eine Besserung herbeigeführt werden; zweckmäßiger ist aber die Korrektur mit Hilfe zweier Linsen, die symmetrisch zur Blende angeordnet sind. Dies wurde durch Versuche belegt. Denkt man sich die Koma beseitigt, so zeigen die schräg auffallenden Strahlen immer noch keinen regelmäßigen Verlauf; der Strahlengang ist vielmehr ganz eigenartig und hat zur Folge, daß ein Punkt abgebildet wird durch zwei senkrecht zueinander stehende Brennlinien, die in einem gewissen Abstande hintereinander liegen. Diese Abweichung, der Astigmatismus, macht sich besonders bemerkbar bei graden Linien am Rande des Gesichtsfeldes und ist leicht festzustellen durch ein Kreuz; je nach der Einstellung erhält man nämlich entweder die senkrechte oder die wagerechte Linie des Kreuzes scharf, während die andere Linie gleichzeitig verschwommen erscheint. Der Astigmatismus tritt auch als Fehler des menschlichen Auges auf und man korrigiert ihn durch Zylinderlinsen. Wie diese dabei wirken, wurde durch Versuche demonstriert. Nach Beseitigung der „anastigmatischen Differenz" bleibt noch ein Fehler übrig, die Bildfeldwölbung: das scharfe Bild liegt nicht in einer ebenen, sondern einer gewölbten Fläche. Nachdem dies durch ein Experiment belegt war, erfolgte die objektive Darstellung des letzten Linsenfehlers, der Verzeichnung in ihren beiden Formen, der tonnenförmigen und kissenförmigen, welche durch zwei symmetrisch zur Blende angeordnete Linsen korrigiert wird. Der Vortragende ging noch ein auf die bei den Linsen auftretenden störenden Spiegelflecke oder Reflexbilder und schloß dies Gebiet mit einem Hinweis auf die Schwierigkeiten, die überwunden werden mußten, bis es gelang, so vollkommene optische Instrumente herzustellen, wie wir sie heute haben.

Im folgenden Teile des Vortrages wurden die Fehler des menschlichen Auges behandelt, welches ebenso wie die einfache Linse Farbenstreuung zeigt. Diese Abweichung tritt jedoch normalerweise gar nicht zutage, sondern kann nur durch Kunstgriffe sichtbar gemacht werden. Einige Experimente sollten dies dartun. Als eine Folgeerscheinung der Farbenstreuung des Auges und der damit verbundenen Vergrößerung des Bildes leuchtender Punkte wird die sogenannte Irradiation angesehen, eine bekannte Erschei-

nung, die sich darin äußert, daß helle Flächen größer aussehen als gleich große dunkle Flächen. Der Astigmatismus haftet dem normalen Auge ebenfalls nur in geringem Maß an und er tritt lediglich in besonderen Fällen in Erscheinung. Der Vortragende ging schließlich über zu den Farbenempfindungen und zeigte verschiedene Versuche über die Wirkung der Farben auf das Auge, über die Mischfarben und Kontrastfarben.

745. Sitzung am 24. Mai 1912.

Vorsitzender: Herr Geheimerat Dr. Lehmann. Anwesend 54 Mitglieder.

Herr Assistent Dr. Wolfke hielt im physikalischen Hörsaal der Technischen Hochschule einen Vortrag über „Fernphotographie und Fernsehen“. Die Aufgabe des Fernsehens ist zwar seit langer Zeit theoretisch gelöst, jedoch hat sie bis jetzt noch nicht die praktische Durcharbeitung ihr Ziel erreicht. Als Vorläufer auf diesem Gebiet kann man die Pantelegraphen und vor allem die Fernphotographie ansehen. Der Vortragende demonstrierte einen Pantelegraphen von Caselli. Diese Vorrichtung besteht aus zwei Apparaten: der Gebestation und der Empfangsstation. Auf beiden Stationen befinden sich synchronrotierende metallische Zylinder. Auf der Gebestation ist das zu übertragende Bild mit einer isolierenden Tinte auf die Metallfläche des Zylinders aufgetragen. Ein Kontaktstift gleitet auf der Bildfläche und je nachdem, ob er die Metallfläche oder die isolierenden Bildkonturen berührt, schließt er oder unterbricht er den Strom, welcher zu der Empfangsstation geleitet wird. Auf der Empfangsstation ist der Zylinder mit einem Papierstreifen belegt und statt des Kontaktstiftes gleitet auf der Papierfläche ein Zeichenstift, der bei Schließen des Stromes an das Papier gedrückt wird. Während der Rotation verschieben sich die beiden Zylinder mittels einer Schraubenachse längs ihrer Achsen, so daß die Spur des gleitenden Stiftes eine Schraubenlinie auf der Zylinderfläche bildet; dadurch kommen alle Punkte des Bildes nacheinander mit dem Stifte in Berührung. Dieser Apparat kann nur die Umrisse der Bilder wiedergeben, dabei dauert die Übertragung des Bildes je nach dem Modell ca. 1 Stunde. Bedeutende Fortschritte auf diesem Gebiet leistete der von Prof. A. Korn erfundene Teleautograph. Mittels diesem Apparat kann man

photographische Bilder übertragen, die jedoch zu diesem Zweck besonders präpariert sein müssen. Man kopiert hierzu das Bild durch einen Raster (Gitter). Auf diese Weise erhält man ein Bild, das nur aus Strichen besteht; dabei geben die verschiedenen Verbreiterungen der Striche die Tönung des Bildes wieder. Ein so präpariertes Bild wird auf den Zylinder der Gebestation aufgetragen, und zwar so, daß die Striche leitend sind. Mittels eines gleitenden Stiftes wird der Strom so wie bei Caselli unterbrochen oder geschlossen. Auf der Empfangsstation ist der rotierende Zylinder mit einem photographischen Film versehen. Das Licht einer Lampe (Nernstlampe) wird mittels Linsen auf den Film gerichtet, jedoch von einer beweglichen Blende aufgehalten; unter der Wirkung des Stromes wird die Blende verschoben und das Licht durchgelassen, wodurch auf dem Film in entsprechenden Punkten eine Schwärzung entsteht. Im Prinzip ist hier derselbe Vorgang wie bei Caselli, nur daß statt des Stiftes ein Lichtstrahl zeichnet. Zwei sehr wichtige Neuerungen besitzt der Kornsche Teleautograph. Erstens wird die synchrone Bewegung der Zylinder durch eine geistreiche Anordnung bis auf 1 % konstant gehalten. Zweitens benutzt Korn als bewegliche Blende einen Faden des Seitengalvanometers. Der Vortragende führte ein Riesenmodell dieser Anordnung vor. Sie beruht darauf, daß zwischen den Polen eines Elektromagnets sich ein leitender Faden befindet, der unter Einwirkung des ihn durchfließenden Stromes sich an die Seite verschiebt. Bei Korn ist der Faden durch einen Aluminiumstreifen ersetzt und wirkt als die bewegliche Blende. Auf diese Weise konnte Korn nicht nur gute Bilder erhalten, sondern auch die Zeit der Übertragung herabsetzen. Doch erst die Anwendung von Selen erlaubte die direkte Übertragung von Photographien. Selen ist ein dem Schwefel ähnlicher Körper, der die Eigenschaft besitzt, seinen sehr großen elektrischen Widerstand unter Einwirkung des Lichtes zu variieren. Der Vortragende zeigte in einigen Experimenten die Wirkung des Lichtes auf Selen; es genügt eine diffuse Beleuchtung, um seinen Widerstand bis auf die Hälfte zu vermindern. Trotz ihrer großen Empfindlichkeit besitzen die Selenzellen den Fehler, daß sie nicht unmitelbar nach Ausschalten des Lichtes auf ihren Anfangswiderstand zurückkommen, sondern eine längere Zeit dazu brauchen. Korn gelang es, diese sogenannte Trägheit der Selenzellen mittels einer genialen Kompensationsmethode zu umgehen und dieselben für die Fernphotographie

brauchbar zu machen. Die Anordnung der Kornschen Fernphotographie ist folgende: Auf der Gebestation befindet sich ein schraubenartig rotierender Glaszylinder, auf welchem der photographische Film mit dem zu übertragenden Bilde angebracht ist. Ein Lichtstrahl fällt durch den durchsichtigen Film auf eine Selenzelle und wird je nach der Tönung des Bildes geschwächt. Die Selenzelle verwandelt die Lichtschwankungen in entsprechende Stromschwankungen, die der Empfangsstation übermittelt werden. Die Anordnung der Empfangsstation ist ähnlich wie beim Teleautographen, nur, daß die Blende im Seitengalvanometer proportional den Stromschwankungen abgelenkt wird und dementsprechend mehr oder weniger Licht auf den empfindlichen Film durchläßt. Auf diese Weise werden die verschiedenen Punkte des Empfangsfilms mehr oder weniger geschwärzt, je nach der Tönung der entsprechenden Punkte des Bildes auf der Gebestation. Diese Anordnung erlaubt ein vollkommenes Bild in wenigen Minuten zu übertragen. In München und Berlin sind bereits derartige Apparate im Betrieb. — Von da aus aber ist noch ein weiter Weg zum Fernsehen. Wie man sieht, ist es nur möglich, ein Bild punktweise zu übertragen, und zwar alle Punkte nacheinander. Das Auge behält die Lichteindrücke noch ca. $^1/_8$ Sekunde nach der Beleuchtung, so daß, wenn wir alle Punkte des Bildes in weniger als $^1/_8$ Sekunden dem Auge zuführen könnten, dann würden wir den Eindruck eines vollständigen Bildes erreichen. Der Vortragende führte diese Tatsache an einem Versuch vor. Dementsprechend mußte die Zeit der Übertragung des Bildes bis auf ca. $^1/_8$ Sekunde vermindert werden. Die Übertragungsgeschwindigkeit müßte also ca. 5000 mal größer werden, wie die heute erreichte. Während des Vortrages wurden mehrere Bilder projiziert.

746. Sitzung am 7. Juni 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 18 Mitglieder.

Herr Geh. Hofrat Dr. Brauer hielt einen Vortrag über: „Die Versuche von G. Eiffel zur Ermittlung der Gesetze des Druckes bewegter Luft".

Während eine erste Reihe von Versuchen mit freifallenden parallel geführten Versuchskörpern im unteren Drittel des Eiffelturmes in Paris ausgeführt worden war, benutzte Eiffel bei den in

der Zeit 1909 bis 1911 angestellten Versuchen einen künstlichen, durch Gebläse erzeugten Luftstrom von 1,5 bis 2 m Durchmesser mit horizontaler Achse, dessen Geschwindigkeit zwischen 5 m/sk und 20 m/sk variiert werden konnte. In diesem Luftzylinder, welcher in das Versuchszimmer von 3½ m Breite in der Mitte der einen Längswand eintrat und es in der gegenüberliegenden Wand durch eine Fangdüse verließ, konnten die Versuchskörper in solcher Weise angebracht werden, daß durch die Anzeige von Wegen die Druckresultante nach Lage, Richtung und Größe gemessen werden konnte.

Die Versuche haben viel dazu beigetragen, den französischen Flugmaschinenkonstrukteuren die nötigen Erfahrungszahlen zu liefern. Die Ergebnisse sind, da sie sich nicht algebraisch formulieren lassen, durch Kurven mitgeteilt.

Der Vortrag nahm Bezug auf eine größere Zahl von Tafelzeichnungen, auf deren Wiedergabe hier verzichtet werden muß.

747. Sitzung am 21. Juni 1912.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 23 Mitglieder.

Herr Prof. Dr. Bredig hielt einen Vortrag über: „Die Herstellung von optisch-aktiven Stoffen durch Fermente und andere Katalysatoren“; er ist unter den Abhandlungen dieses Bandes zum Abdruck gebracht.

748. Sitzung am 5. Juli 1912.

Mitglieder-Hauptversammlung.

Vorsitzender: Herr Geh. Hofrat Dr. Lehmann. Anwesend 61 Mitglieder.

Der Schriftführer gab den Bericht über die Tätigkeit des Vereins im abgelaufenen Vereinsjahr und der Rechner den Kassenbericht, der im Vorwort zum Abdruck gebracht ist. Dem Rechner wurde Entlastung erteilt.

Es wurde darauf beschlossen, daß 1. die Mitglieder-Hauptversammlung künftig jeweils am Ende des Mai stattfinden solle und daß 2. von größeren Arbeiten, besonders von solchen, die Tafeln enthalten, nicht mehr 30 Sonderabdrucke gewährt werden sollen.

Herr Prof. Dr. Staudinger hielt darauf einen Vortrag über: „Den künstlichen Kautschuk“.

Abhandlungen.

Kameruner Säugetiere des Grossh. Naturalienkabinetts zu Karlsruhe.

I. Teil.

Von **Dr. M. Auerbach.**

Die Säugetiere, die meinen heutigen Betrachtungen zugrunde liegen, sind mit einer Ausnahme alle Eigentum der Sammlungen des Großh. Naturalienkabinetts zu Karlsruhe. Sie wurden zum weitaus größten Teile von Professor Dr. K. Haberer gesammelt und unserem Museum geschenkt. Die Erbeutungsorte sind zumeist: die Umgebung von Jaunde und Molundu in Südkamerun, daneben stammen noch einige Stücke vom Sanaga (Balinga). Eine sehr interessante Ergänzung der Habererschen Schenkung bieten einige wenige Exemplare, die von Herrn F. Knauß, Durlach auf der Sogemafarm am Djahfluß ganz im Süden unseres Schutzgebietes nahe der alten Grenze von französisch Kongo erlegt wurden. Das interessanteste und wertvollste Stück dieser kleinen Kollektion, ein ganz gewaltiger männlicher Gorilla, gehört leider nicht uns, soll aber hier doch mit geschildert werden, da er unsere Kenntnisse über das Vorkommen dieser großen Menschenaffen in unseren Kolonien in etwas erweitert und ergänzt.

Die Schilderung der einzelnen Exemplare erfolgt in systematischer Reihenfolge. Die benutzte Literatur und sonstige Angaben finden sich jeweils bei den betreffenden Spezies.

1. Simia satyrus L. Schimpanse.

(*Anthropopithecus troglodytes* L.)

(In bezug auf Synonyma etc. s. W. Rothschild: Notes on Anthropoid Apes P. Z. S. London 1904 vol. II. p. 413—440. Weitere Literatur: E. de Pousargues Étude sur les Mammifères du Congo Français. Ann. des Sc. Nat. Zoologie. T. III. 1886. p. 137—141, P. Matschie: Einige Bemerkungen über die in Berlin aufbewahrten Exemplare von Anthropopithecus, Sitzungsbericht d. Ges. Naturf. Freunde, Berlin 1900. p. 77—85 und: Einige Bemerkungen über die Schimpansen, ebenda. 1904. p. 55—69.)

Wir besitzen von dieser Spezies sieben Exemplare aus Kamerun, alle in der Umgebung von Jaunde und Molundu von Haberer gesammelt. In der Sammlung aufgestellt sind: ein junges ♀ (Mam. 1179) und ein ausgewachsenes ♀ mit Säugling (Mam. 1198 und 1199), die nicht montierten Exemplare haben die Nummern: ♂ ad B. Mam. Prim. 52; ♂ semiad. B. Mam. Prim. 53: ♂ juv. B. Mam. Prim. 24: ♀ ad. B. Mam. Prim. 54.

Leider ist nur von einem erwachsenen ♀ der Schädel (Fig. 1) mit Skelett vorhanden; aus seinen und den Merkmalen der Haut (Armlänge; Maße der Ohren) geht aber hervor, daß es sich um die typische Form *Simia satyrus* L. handelt, die schon verschiedentlich aus der Umgegend von Jaunde erbeutet wurde.

Die Färbung der einzelnen Felle variiert sehr Die Jungen sind ganz schwarzbraun mit weißlicher Analgegend, ebenso ist ein altes Weibchen gefärbt. Ein ♂ ist ganz schwarzbraun; das andere zeigt gelblich graubrauen Unterrücken; das aufgestellte alte ♀ ist dunkelbraun mit sehr viel gelbgrau beigemischt; der Unterrücken ist gelblich grau; die Vorder-, Inner- und Außenseite der Unterschenkel ist schmutzig gelblichgrau.

Bei allen älteren Exemplaren ist das Kinn weißlich und der Vorderkopf etwas kahl.

2. **Gorilla gorilla matschiei** Rothsch.

(Vergl. Rothschild: l. c. und: P. Z. S. London. 1906. vol. 2 p. 465; Matschie, P.: Sitzungsbericht der Ges. Naturf. Freunde, Berlin. 1905 p. 279—283.)

Das halberwachsene Männchen (Mamm. 1197) wurde von Haberer bei Jaunde erbeutet. Da auch bei ihm der Schädel nicht vorhanden ist, kann die sichere Bestimmung, die bei den geographischen Subspezies des Gorilla ja hauptsächlich nach den Schädeleigentümlichkeiten vorgenommen werden muß, nicht garantiert werden. Nach der Herkunft des Exemplares gehen wir aber wohl nicht fehl, wenn wir seine Zugehörigkeit zur obigen Subspezies annehmen.

Ich gebe beifolgend noch eine kurze Schilderung der Färbung unseres jungen Stückes: Oberkopf und Nacken schwarzbraun, nach hinten allmählich in das dunkle Braun-Aschgrau des Rückens übergehend. Das Grau des Rückens wird nach dem Becken zu allmählich etwas heller: auf den Trochanteren ist es am hellsten.

Mittellinie des Rückens undeutlich dunkler, sich auf dem Sacrum verbreiternd. Backen, Hals, Schultern, Arme, Brust, Bauch und Beine sehr dunkel, fast schwarz. An den Beinen beginnt das Schwarz vorne am Leistenband, hinten in der Gesäßgegend; die Außenseite der Oberschenkel (Trochanterengegend) ist dunkel aschgrau wie der Rücken und hängt mit dessen Färbung zusammen; die graue Färbung der Seiten des Oberschenkels verliert sich nach unten zu allmählich in der dunklen Beinfärbung.

3. **Gorilla gorilla schwarzi** Matschie.

(Vergl. Matschie: l. c. 1905 und Rothschild l. c. 1906.) Die Bestimmung wurde durch briefliche Mitteilungen von Herrn Prof. Matschie ermöglicht. Die Schilderung der neuen Subspezies ist zurzeit noch im Druck. Die folgenden Zeilen dürften demnach eine willkommene Ergänzung geben.

Dieses riesige männliche Exemplar ist leider nicht in unserem Besitze, sondern gehört dem Erleger, Herrn F. Knauß, Durlach, der es verkaufen will. Das Exemplar wurde im südlichen Kamerun, in der Umgebung der Sogemafarm am Djahflusse erlegt; zu der sehr gut dermoplastisch aufgestellten Haut ist das tadellos montierte Skelett vorhanden, so daß eine richtige Bestimmung möglich war.

Ich gebe im folgenden eine Beschreibung der Haut und des Skeletts, ohne die betr. Angaben Matschies, die sich noch unter der Presse befinden, im einzelnen zu kennen. Nach freundlichen brieflichen Mitteilungen des Autors scheint es sich bei unserem Stücke aber um die gleiche Subspezies zu handeln, wie sie von Matschie als *Gorilla schwarzi* beschrieben wird.

Oberkopf, Wangen und Halsseiten sind schwarzbraun und gelblichweiß gesprenkelt; Kinn dunkler. Rücken, Weichen und Außenseite der Oberschenkel bis zum Knie ziemlich hellgrau (schwarzbraun und weißlichgelb gesprenkelt, aber die helle Farbe vorherrschend); die helle Färbung der Außenseite des Oberschenkels setzt sich auf die Außenseite des Unterschenkels fort, nach unten zu allmählich dunkler werdend. Schultern und Arme viel dunkler, auch wie der Rücken gesprenkelt, aber das Dunkelbraun vorherrschend. Vorder-, Innen- und Rückseite der Beine ähnlich wie die Arme, nur etwas heller. Füße und Hände einfarbig schwarzbraun. Bauch dunkler wie der Rücken.

Die Sprenkelung des Felles ist durch die Färbung der einzelnen Haare bedingt. Diese sind an der Schulter (und den übrigen dunkleren Partien) in der distalen Hälfte ganz schwarzbraun, an der Basis gelblichweiß, in der proximalen Hälfte sonst schwarzbraun mit 3 bis 4 mehr oder weniger breiten gelblichweißen Ringen. Die Haare der helleren Körperteile (Außenseite der Oberschenkel etc.) jedoch sind im ganzen weißlichgelb mit 2 bis 3 schwarzbraunen Ringen an der distalen Hälfte. Die Spitze ist weißlich.

Die Haare des alten Individuums sind an den Armen sehr ang; am Rücken und an den Flanken sind sie schon während des Lebens stark abgescheuert worden, so daß hier die nackte Haut stark durchscheint.

Ein Vergleich der Schädelmaße des vorliegenden Exemplars mit den von Matschie für *Gorilla g. jacobi* Matschie gegebenen Zahlen dürfte von Interesse sein. (In ( ) sind einige Maße von *G. g. matschiei* Rothsch zum Vergleich beigefügt.)

(Fig. 2 u. 3).	Matschie.	Auerbach.
	G. g. jacobi	*G. g. schwarzi*
Größte Breite des Schädels hinten am *Proc. mastoideus*	182 mm (170 oder 177?)	177 mm
Entfernung der *Incis. intercondyloidea* von d. *Protub. occip. externa*	143 mm	137
Verhältnis dieser Entfernungen zu einander	0,78 »	0,774 mm
Das *Planum nuchale* ist breiter als hoch	39 »	40 mm
Entfernung vom Vorderrand d. *Arcus superciliaris* vom vord. Rand des Intermaxillare . .	138 » (160)	137
Gesichtsbreite über den Alveolen der Eckzähne	78 (90)	79
Entfernung zwischen den Außenrändern der Alveolen für die äußeren Incisiven	0,44 »	0,45 »

(Fig. 2 u. 3).	Matschie.		Auerbach.
	G. g. jacobi		*G. g. schwarzi*
Länge der oberen Molarenreihe	64 mm		65—66 mm
Größte äußere Entfernung der letzten ob. Molaren a. d. Alveole gemessen	70 »	(67)	70 mm
Größte äußere Entfernung der ersten ob. Praemolaren . . .	76,5 »		77
Größte Gesichtsbreite i. d. Höhe des oberen Augenrandes . .	154 »	(145)	157
Größte Gesichtsbreite am Jochbogenwinkel	176 »		177
Größte Jochbogenbreite	196 »		196
Größte Schädellänge vom Gnathion zur Protub. occip. externa	335 »		308
Größte Länge des knöchernen Gaumens	125 »		125
Alveolarbreite des 2 ten ob. Molar	17		17
Alveolarlänge des 2 ten ob. Molar	14 »		14

In der folgenden kleinen Liste gebe ich noch einige Skelettmaße, die über die Proportionen des Affen einigen Aufschluß geben. Die Zahlen sind nicht absolut genau, denn sie konnten nur am schon fertig montierten Skelett genommen werden. Immerhin sind sie genau genug, um die Verhältnisse der einzelnen Körperabschnitte untereinander beurteilen zu können.

Clavicula: Größte Länge . . . . etwa 17,1 cm
Sternum: Gesamtlänge in der Mitte . . . . » 20,7 »
Manubrium sterni, Länge in der Mitte » 7,3 »
» » , Breite in der Mitte » 8,8 »
Scapula, Länge des inneren Randes vom *Angulus sup.* bis *Ang. inf.* . . . » 26,6 »
» Größte quere Breite . . . . . . » 19,6 »
Humerus: Größte Länge . . . . » 47,6 »
Ulna: Größte Länge . . . . » 39,1 »
Radius: Größte Länge . . . . » 36,9 »
Hand: vom Gelenkspalt zur Spitze des Mittelfingers . . . . » 27,3 »

Becken: Größte Höhe vom Scheitel der *Crista* zur tiefsten Spitze d. *Tuber. ischii*. etwa 39,7 cm
Abstand d. *Spina ant. sup.* von der *Spina post. sup.* 24,0
Entfernung der *Spinae ant. sup.* von einander 42,3
Entfernung der *Spinae post. sup.* von einander 9,1
Größter Abstand der Außenseiten der *Tubera ischii* von einander . . . 21,5
Femur: Größte Länge 39,8
Unterschenkel: Größte Länge 31,5
Fuß: Größte Länge 29,7

Alle diese Maße sind mit dem Greifzirkel genommen; alle Extremitätenmaße beziehen sich auf die rechte Körperseite.

Die folgenden Zahlen sind mit dem Bandmaß gewonnen:

Länge der Wirbelsäule, im Bogen an der Basis der Dornfortsätze gemessen . . . . etwa 84,0 cm
Länge der ersten Rippe (von der Basis des *Tuberculum* an) 13,0
Länge der achten Rippe (ganze Länge) . . 41,5
Länge der dreizehnten Rippe (ganze Länge). 23,0

4. **Colobus satanas** Waterh.

(Vergl. Pousargues l. c. und: Lydekker, R.: P. Z. S. London. 1905. Vol. II. p. 325.)

Unser Exemplar (B. Mam. Prim. 46) stammt von Professor Haberer aus der Umgebung von Jaunde.

5. **Guereza abyssinicus occidentalis** Rochebr.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 144—146 unter *Colobus guereza* Rnpp.; O. Neumann: Drei neue afrikanische Säugetiere, Sitzungsbericht Ges. Naturf. Freunde, Berlin. 1899 p. 15—22; O. Thomas: P. Z. Soc. London. 1901. Vol. II. p. 86.)

Die Exemplare des Naturalienkabinetts (altes ♀, B. Mam. Prim. 33, ♂ ad. B. Mam. Prim. 68, ♀ ad. B. Mam. Prim. 69 und 2 Pulli. B. Mam. Prim. 70 u. 71) stammen aus dem Gebiete des Djahflusses (Sogemafarm u. Molundu) und wurden uns von Herrn Knauß, Durlach, und Professor Haberer geschenkt. Die Schädel sind ebenfalls in unserem Besitz.

Unsere weiblichen Tiere stimmen in der Färbung genau mit den von Pousargues unter den Nummern (a, e) beschriebenen Stücken überein. Der Mantel ist kurz und spärlich, der Schwanz zeigt keine deutliche weiße Endquaste, sondern die weißen Haare des äußeren Viertels sind nur wenig länger als die schwarzen der Schwanzwurzel. Dadurch nun muß die Frage aufgeworfen werden, ob diese so charakterisierten Exemplare tatsächlich zu *G. a. occidentalis* zu rechnen sind. Die beiden Exemplare Pousargues sind beides alte ♂♂ gewesen und stammten vom oberen Ogowe (Exempl. a.) und vom Alima (Exempl. e.)*; andere Tiere aus der gleichen Gegend zeigen die angeführte Eigenschaft nicht; es scheinen also an gleichem Orte derartige Affen mit und ohne Schwanzquaste vorzukommen. Das beweist auch unser Männchen, welches eine schöne Schwanzquaste zeigt, die allerdings nicht so stark ist wie bei *G. a caudatus.* Thomas l. c. p. 86 beschreibt auch ein typisches ♀ von *G. a. occidentalis* mit Schwanzquaste aus dem Mpangawald (Uganda); auch hier haben wir also wieder Tiere mit Schwanzquaste wenigstens in der Nähe von solchen ohne diese Zierde. (Einerseits Mpangawald in Uganda Thomas und andererseits Kavirondo Neumann.) Sollen wir nun annehmen, daß beide Formen nur Abweichungen innerhalb der gleichen Subspezies sind, oder sollen wir die Tiere ohne Schwanzquaste von den mit einer solchen ausgezeichneten subspezifisch unterscheiden? Ist endlich, wenn wir das letztere tun, die westafrikanische Form als *G. a. matschiei* Neumann zu bezeichnen oder stellt sie eine besondere Subspezies dar? Das alles sind Fragen, die meines Erachtens in Zukunft erst entschieden werden können, aber dazu gehört ein großes Vergleichsmaterial von verschiedenen Orten West- und Zentralafrikas. Da ich ein solches nicht besitze, lasse ich die Frage lieber unentschieden.

---

* Neumanns Angabe (l. c. p. 17.): »Pousargues in seiner großen Arbeit über die Säugetiere des französischen Kongo erwähnt p. 145 mehrere Exemplare, die gleichfalls keine Schwanzquaste haben. Doch erwähnt er nicht den genauen Fundort der Exemplare. Dybowski, der eine der Reisenden, dessen Sammlungen Pousargues untersuchte, ist übrigens bis ins Tschadseegebiet gekommen, und es wäre wohl möglich, daß das Verbreitungsgebiet von *Colobus matschiei* sich bis dorthin erstreckt«, ist unrichtig. Man lese bei Pousargues l. c. p. 144 die Herkunft der betr. Exemplare nach. Stück a wurde von Brazza, e von Thollon an den genannten Örtlichkeiten gesammelt.

Was Neumanns Angaben über den Schädelbau seiner Subspezies anbetrifft, so scheinen einige derselben für unsere Exemplare zuzutreffen (Fig. 4); die Schädelkristen sind sehr deutlich ausgeprägt und an ihrer Anfangsstelle am Proc. iugalis des Frontale kann man flache Gruben erkennen; dagegen sind die Nasalia nicht so kurz, wie sie Neumann angibt, sondern 14—16 mm lang. Die Gegend der Fronto-nasal-Sutur ist quer herüber etwas wulstig aufgetrieben. Ob diese Tatsachen aber innerhalb der Neumannschen Charaktergrenze liegen, vermag ich aus Mangel an Vergleichsmaterial nicht anzugeben.

Sehr interessant in bezug auf die Färbung sind die beiden verschieden alten, jungen Männchen. Das jüngere Exemplar (B. Mam. Prim. 71) ist auf dem Oberkopf, Rücken und Schwanz fast reinweiß; letzterer zeigt etwas gelblichen Anflug und seine Haare sind eigentümlich gekräuselt; am Schwanzende sind die Haare etwas verlängert. Auf der Stirn und an den Seiten des Rückens sind dem Weiß schon einige schwarze Haare beigemischt. Halsseiten, Brust, Bauch, Arme und Beine sind ziemlich dunkel aschgrau; dabei zeigen die Beine den hellsten Ton.

Maße der Haut: Länge von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 26.5 cm; Länge des Schwanzes ca. 28 cm.

Das etwas ältere Exemplar (B. Mam. Prim. 70) ist in der Umfärbung schon viel weiter fortgeschritten. Bei ihm sind Vorderkopf, Bauch, Arme und Beine sowie Unterseite des Schwanzes glänzend schwarz behaart; rein weiß sind die Augenbrauenbogenbinde, die Kehle, Vorderhals und Halsseiten, und die Rückenhaare, welche die Anlage des Mantels bilden; die Aftergegend unterhalb der Gesäßschwielen ist schmutzig weiß. Fast die ganze distale Schwanzhälfte besteht aus eigentümlich gewellten, an der Basis weißen, am Ende gelblichen, verlängerten Haaren, die eine deutliche Schwanzquaste bilden. Hinterkopf, Nacken, Oberrücken und Oberseite der basalen Schwanzhälfte sind aschgrau, z. T. (Schwanz und Oberrücken) mit gelblichem Anflug.

Länge von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 31 cm; Länge des Schwanzes ca. 44½ cm.

6. Cercopithecus cephus L.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 191 und 210 Pocock: P. Z. S. London. 1907. Vol. 2, p. 722—725.)

Von diesen Affen besitzen wir durch die Güte Prof. Haberers eine schöne Reihe von 13 Exemplaren aus der Umgebung von Jaunde und Molundu. Unter ihnen sind alte Männchen 6 Exemplare (B. Mam. Prim. 26, 35, 55, 56, 57 und 58), junge Männchen: 2 Exemplare (B. Mam. Prim. 25 und 59); alte Weibchen: 1 Exemplar (B. Mam. Prim. 34), junge Weibchen 2 Exemplare (B. Mam. Prim. 36 und 37) und ein halberwachsenes Exemplar, dessen Geschlecht sich nicht mehr bestimmen läßt.

In bezug auf die Färbung des Schwanzes gehören unsere erwachsenen Exemplare alle ohne Ausnahme zu der Form, die Pocock speziell noch als *Cercop. c. cephus* unterscheidet, d. h. also, der Schwanz ist an seiner Basis oben so gefärbt wie der Rücken, unten an den Seiten grau, geht dann aber sehr bald allgemein in ein lebhaftes Fuchsrot über, wobei der dorsale Mittelstreif dunkler gefärbt erscheint. Alte Exemplare mit Schwänzen, die gleich gefärbt sind wie der Rücken, besitzen wir nicht.

Es mag noch bemerkt werden, daß die Haarfärbung der Rückenpartien im Ton bei den einzelnen Individuen sehr schwankt. Die erwachsenen ♂♂ B. Mam. Prim. 27, 35, 56 und 57, das halberwachsene ♂ B. Mam. Prim. 25 und das erwachsene ♀ B. Mam. Prim. 34 zeichnen sich durch einen sehr schönen roten Farbenton aus, der durch die rötliche Ringelung der Haare bedingt ist; die alten ♂♂ B. Mam. Prim. 26, 55 und 58 sind viel gelber aber doch leuchtend, während die beiden jungen Weibchen B. Mam. Prim. 36 und 37 ebenfalls mehr gelb aber matter gefärbt sind; das halberwachsene Stück B. Mam. Prim. 38 steht etwa in der Mitte zwischen den rötlichen und gelblichen Exemplaren. Der Backenbart ist am leuchtendsten bei den roten Häuten, beim gelblichen erwachsenen ♂ ist er mit relativ viel schwarz gemischt; bei den jungen ♀♀ ist er etwas matt aber doch gut ausgebildet. Bei dem ganz jungen ♂ (B. Mam. Prim. 59) ist die Färbung im ganzen noch sehr matt, der Schwanz ist auf der Oberseite von der Wurzel bis zur Spitze wie der Rücken gefärbt, die Seiten und Unterseite des basalen Drittels sind grau, die der distalen $^2/_3$ rötlich.

7. Cercopithecus nictitans L.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 198 und 207; Pocock l. c. p. 696.)

Wir besitzen von dieser Spezies zehn Exemplare aus Jaunde

und Molundu (Haberer) ♂♂ ad. B. Mam. Prim. 41 und 43; ♂ juv. B. Mam. Prim. 44 und 63; ♀ ad. B. Mam. Prim. 40, 60, 61 und 62; ♀ semiad B, Mam. Prim. 42; ♀ juv. B. Mam. Prim. 39.

Alle Exemplare entsprechen den Angaben der oben genannten Autoren, nur wäre vielleicht noch besonders zu betonen, daß das halberwachsene und das junge ♀ die von Pousargues für 2 seiner Stücke (f. und g.) charakteristischen braunrot und schwarz gesprenkelten Haare am unteren äußeren Winkel der Gesäßschwielen zeigen. Bei den erwachsenen ♀♀ B. Mam. Prim. 60, 61 und 62 ist die Gegend unterhalb der Gesäßschwielen überhaupt durch schwach braunrote Sprenkelung der Haare ausgezeichnet; sollte es sich hier nicht etwa um Verfärbung durch den Urin handeln?

8. **Cercopithecus grayi** Fraser.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 212—216 unter *C. pogonias*, Pocock l. c. p. 712—713.)

Auf die Synonymie von *C. grayi* und *C. pogonias* gehe ich hier nicht ein, ich verweise in dieser Frage auf die an obiger Stelle angegebenen Ausführungen von Pocock.

Durch die Schenkungen Haberers besitzen wir von dieser Art folgende Exemplare: ♂ ad B. Mam Prim. 45, 64 und 65; ♂♂ juv. B. Mam. Prim. 49 und 50; ♀ juv. B. Mam. Prim. 48 und 66. Alle Stücke stammen aus der Umgebung von Jaunde und Molundu.

Unser erwachsenes Männchen entspricht in seiner Färbung ungefähr der Schilderung, wie sie Pousargues für die Form *erxlebeni* gibt, d. h. der Rücken ist rötlich, die schwarze sacrolumbale Binde ist nur undeutlich vorhanden oder fehlt ganz. Auch mit Pococks Beschreibung stimmt es gut überein. Die jungen Tiere sind blasser in der Farbe; von einem rötlichen Anflug des Rückens ist noch wenig zu sehen; die schwarze sacro-lumbale Binde fehlt noch; ein deutlicher schwarzer Streifen findet sich nur auf der Oberseite des Schwanzes.

9. **Cercopithecus neglectus** Schleg.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 216 unter *C. brazzae* A. M. Edw. u. Pocock l. c. p. 684—687.)

Unser Exemplar, ein altes Weibchen (B. Mam. Prim. 67)

von Haberer bei Molundu gesammelt, entspricht genau den von obigen Autoren gegebenen Beschreibungen. Das rote Diadem zeigt, wie das Pousargues erwähnt, Haare mit weißen Spitzen, wodurch das leuchtende Rot sehr abgedämpft wird. Wenn wir die Färbung der Hinterbeine berücksichtigen, so müssen wir unser Weibchen zu der Pocockschen Subspezies *brazziformis* stellen, denn die Außenseite des Schenkels ist nicht viel dunkler als die Gegend oberhalb des weißen Streifens und kontrastiert scharf vom Schwarz des Fußes; am Knie findet sich eine kleine schwärzliche Zone.

10. **Cercocebus agilis** A. M. Edw.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 229—232.)

Unser von Haberer in der Umgebung von Jaunde erbeutetes ausgewachsenes ♂ (B. Mam. Prim. 51) entspricht in allen Teilen genau der Beschreibung, wie sie Pousargues (l. c.) in seinem großen Werke gibt; es ist daher überflüssig, noch näher auf die Beschreibung unseres Exemplares einzugehen.

11. **Cercocebus albigena** Gray.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 228—229; Matschie, P.: Die Säugetiere Deutsch-Ostafrikas, 1895. p. 6.)

Auch bei dieser Art können wir uns kurz fassen; die von Haberer bei Jaunde und Molundu gesammelten Häute, 2 ♂♂ ad (B. Mam. Prim. 72 u. 73) und eine (B. Mam. Prim. 47), deren Geschlecht leider nicht mehr festzustellen ist, entsprechen genau der Beschreibung, die Matschie in dem oben zitierten Werke gibt.

12. **Galago elegantulus pallidus** Gray.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 241 und: Nouv. Arch. du Mus. d'Hist. Nat. 3ème Série. Bd. 6 1894 p. 141; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 14 und: Mitt. Geogr. Ges. u. des Naturhist. Mus. Lübeck. 1894. II. Ser. H. 7 u. 8. p. 131 als *G. apicalis* Du Chaillu.)

Unser Pärchen (♂ B. Mam. Pros. 4; ♀ B. Mam. Pros. 5) aus Jaunde und Molundu zählt zu der Subspezies *pallidus* Gray, weil beide Tiere keine weiße Schwanzspitze haben. Die Farbenverteilung ist so, wie sie von den oben zitierten Autoren an-

gegeben wird, jedoch scheint mir der Farbton etwas anders zu sein. Der Nasenstreif ist nicht rein weiß sondern graulich. Die Augen sind beim ♀ von einem schmalen braunschwarzen Saum eingefaßt, der beim ♂ nur undeutlich ist. Die Rückenfärbung ist beim ♀ intensiver wie beim ♂; sie ist nicht rot (Pousargues) oder braun (Matschie), sondern gelblich braun mit undeutlichem dunkleren Rückenstreif. Schwanz beim ♂ fast einfarbig wie der Rücken, beim ♀ mit etwas mehr Grau gemischt. Das Grau der Unterseite ist nicht rein (Pousargues) oder rötlich (Matschie), sondern unregelmäßig fleckig mit Gelb verwaschen. Die hervorstechenden weißgrauen (fast weißen) Streifen oder Flecken, die Pousargues an der Achselhöhle und Schamfalte beschreibt, sind bei beiden Exemplaren sehr deutlich, aber nicht weißgrau, sondern ausgesprochen gelblich.

Die Fingernägel sind zugespitzt und zeigen einen deutlichen Kiel.

Zwei weitere Exemplare aus der gleichen Gegend, die mit verglichen werden konnten, haben genau dieselbe Färbung wie unsere Häute.

13. **Xantharpyia straminea** E. Geoff.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 256; 257; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 17.)

Unser ♂ aus Molundu (B. Mam Chir. 10) stimmt mit den Beschreibungen obiger Autoren ziemlich gut überein. Dem Braungrau des Rückens ist ziemlich viel Gelb beigemischt. Das Halsband ist undeutlich, ebenso der von Pousargues erwähnte gelbliche Streifen, der die Verbindungslinie der Flughaut mit dem Körper in der Lendengegend andeutet.

14. **Mellivora leuconota** Sclater?

(*M. isabellina* Auerb.)

(Vergl. Auerbach, M.: Zool. Anz. Bd. 39. 1912. p. 318—319.)

Ich brauche auf diese Spezies, deren Vertreter unserer Sammlung von Herrn Knauß auf der Sogemafarm am Djahflusse erlegt wurde, hier nicht nochmals näher einzugehen, sondern kann auf das verweisen, was ich in meiner oben zitierten Arbeit dargestellt habe.

15. **Lutra capensis** Schinz.

(Vergl. Matschie, P.: Die Säuget. D.O.Afr. p. 86 unter *L. inunguis* F. Cuv., O. Thomas: P. Z. S. London. 1902. Vol. II. p. 309 und Noack, Th.; Zool. Jahrb. Bd. 4. 1889. p. 168.)

Das von Haberer gesammelte alte Männchen (B. Mam. Rapt. 93) stammt aus Molundu; zu der Haut ist der Schädel vorhanden. (Cran. Mam. 1350).

Oberseite und Schwanz dunkel kastanienbraun. Schnauze, Wangen, Kinn, Kehle, Halsseiten und Ohrspitzen weiß. Nacken, Oberkopf bis zur Stirne und Vorderrücken mit schneeweißen Haarspitzen. Zwischen Auge und Schnauze jederseits ein dunkelbrauner Fleck.

Unser Exemplar ist ein sehr altes Tier, bei dem anscheinend die weißliche Färbung von Nacken und Kopf sehr weit vorgeschritten ist, so daß der Zusammenhang der braunen Oberkieferflecken mit der dunklen Kopfzeichnung nur noch undeutlich ist.

Die Unterwolle ist im Gegensatze zu *L. c. **menelecki*** O. Thom. hellbraun, während sie dort silberweiß ist. (Vergl. O. Thomas l. c.)

16. **Viverra civetta** Schreb.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 285.)

Wir besitzen von dieser Spezies aus Kamerun zwei erwachsene Weibchen (B. Mam. Rapt. 76 und 88) und drei Junge (B. Mam. Rapt. 82, 86 u. 87), deren Geschlecht leider nicht mit Sicherheit festzustellen ist. Die Herkunft ist Jaunde und Molundu; die Tiere sind von Haberer gesammelt.

Es handelt sich bei all diesen Exemplaren anscheinend um die gewöhnliche Form, denn das Charakteristikum von *V. poortmanni* Puch., welches Pousargues (l. c.) erwähnt: »La large bande noire qui enveloppe le dessous et les côtés du museau se trouve donc coupée et interrompue le long de la ligne médiane supérieure (durch eine hellgraue Linie Auerbach), ce qui répond au caractère exprimé dans la courte diagnose de Pucheran: »vitta oculari nasum non transeunte««, findet sich bei diesen Exemplaren nicht.

Die verschieden alten Jungen zeigen auch etwas verschiedenen Grad in der Ausbildung der Färbung. Zwei ganz kleine Tiere

(B. Mam. Rapt. 82 und 86), die mit Schwanz etwa 30 cm lang sind, haben nur auf dem Hinterkörper und an der Basis des Schwanzes eine schwache Andeutung der späteren Zeichnung. Der Vorderkörper ist ziemlich einfarbig schwarzbraun; die Anlage des hellen Halsbandes ist vorhanden, die Oberlippe trägt links und rechts den typischen weißen Flecken.

Bei einem etwas älteren Stück (B. Mam. Rapt. 87), das mit Schwanz ca. 43 cm mißt, ist der Hinterkörper schon sehr deutlich gezeichnet; auf dem dunkleren Vorderkörper ist die Zeichnung wenigstens angedeutet. Stirn, Backen und Halsband sind ziemlich hellgrau, Oberlippenfleck weiß.

17. **Viverra poortmanni** Puch.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 285 und Noack, Th.: Zool. Jahrb. Bd. 4. 1889 p. 169).

Es liegt nur ein von Haberer bei Jaunde gesammeltes junges Weibchen (B. Mam. Rapt. 81) vor, das mit Schwanz etwa 45 cm mißt.

Von dem gleichaltrigen unter Nr. 16 beschriebenen Exemplar von *V. civetta* unterscheidet es sich durch den ganz hellen Vorderkörper; überhaupt ist das ganze Fell viel heller, mehr grau. Das Halsband ist schon deutlich und dunkel umsäumt; auch die Rücken- und Schwanzzeichnung ist schon vorhanden; Vorder- und Hinterbeine sind grauschwarz. In der Mitte des Vorderkopfes, zwischen den Augen, von der Stirne bis fast zur Schnauze ein fast weißer Streifen, der oben allmählich in das gesprenkelte Hellgrau des Oberkopfes übergeht. (Vergl. die Zitate oben bei *V. civetta*); die Unterseite ist ziemlich hell, gelblichgrau mit braunschwarz gemischt.

Wir erwähnten eben die Unterschiede dieses Tieres von der gleichaltrigen *V. civetta*; fast genau die gleichen Unterschiede bestehen nun aber auch, mit Ausnahme des hellen Nasenstriches, zwischen unserem und dem von Pousargues (l. c.) als *V. poortmanni* beschriebenen Exemplar aus Brazzaville. Jenes Stück scheint etwas älter gewesen zu sein, ist aber viel dunkler und zeigt auffallenderweise noch keine deutliche Fleckenzeichnung, die doch bei unserem Weibchen schon so gut ausgeprägt ist. Diese Unterschiede mögen jedoch individueller Natur sein.

Eine andere Frage ist es jedoch, ob nun *V. poortmanni* Puch. eine besondere Art ist, oder ob sie nicht häufig vorkommende individuelle Veränderungen von *V. civetta* darstellt, wie das Noack annimmt. Die Tatsache, daß unser Stück aus der gleichen Gegend stammt, aus der wir auch *V. civetta* erhielten und zwar auch zur gleichen Jahreszeit, scheint mir fast zugunsten der letzteren Annahme zu sprechen. Jedenfalls sollte in Zukunft mehr auf diese Frage geachtet werden.

Aus der Sammlung Haberers geht aber unter allen Umständen hervor, daß die als *V. poortmanni* Puch. bezeichnete Form auch bedeutend weiter nördlich (Jaunde) vorkommt, als bisher angenommen wurde (Gabon, Kongo).

18. **Genetta servalina** Puch.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 293 u. ff.; Matschie, P.: Die Säuget. D.O.Afr. p. 74 u. 75, und Verhandlungen d. 5. Internat. Zool. Kongr. Berlin 1901 p. 1141.)

Das einzige Fell (B. Mam. Rapt. 83), dessen Geschlecht sich leider nicht mehr feststellen läßt, stammt von Jaunde (Haberer).

Mit den Beschreibungen der beiden ersten oben zitierten Arbeiten stimmt unser Exemplar sehr gut überein. Wenn Pousargues (l. c.) sagt, daß man vergeblich versuchen würde, die Flecken der Körperseiten in parallelen Längsstreifen angeordnet zu finden, so ist das richtig; die Anordnung ist eine andere, aber doch geregelte. Die Reihen laufen in der vorderen Körperpartie von der Rückenmittellinie in sanftem Bogen nach abwärts über das Schulterblatt nach dem Oberarm und der Achselhöhle hin; die Fleckenreihen der Bauchseiten laufen zunächst eine kurze Strecke parallel der Mittellinie und biegen dann auf dem Oberschenkel ab. Die hintersten Reihen vor der Schwanzwurzel ziehen fast quer. Die Flecken sind einförmig dunkel schwarzbraun; die Grundfarbe des Körpers ist braungelb; die hellen Schwanzringe (11) sind gelblich weiß; auf dem Schwanzrücken sind sie durch dunkle Färbung der Haarspitzen in einer verwaschenen Linie undeutlich unterbrochen.

Bei Bestimmung nach den Angaben Matschies in den Verhandlungen d. 5. Internat. Zoolog. Kongr. ergeben sich Schwierigkeiten. Teilweise stimmen die dortigen Angaben für *G. servalina* (Flecke in 7 Fleckenreihen) teilweise aber auch für

G. aubryana (Schwanzspitze hell); mit der Angabe der Zahl der Flecke in den oberen Reihen der Körperseite ist wenig anzufangen, da es sehr schwierig ist, herauszubringen, bei welchem Fleck man anfangen soll zu zählen, und wo aufzuhören ist. Ich glaube, daß Pousargues im Recht ist, wenn er die beiden Arten als identisch betrachtet.

19. Genetta pardina Js. Geoffr.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 290 u. ff. unter *G. genettoides* Temm.; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 73, 74, und Verhandlungen d. Internat. Zool. Kongr. Berlin 1901, p. 1142.)

Unser Exemplar, ein altes Weibchen (B. Mam. Rapt. 80), ist von Haberer bei Molundu gesammelt worden. Die Färbung stimmt mit den Angaben der obigen Autoren sehr gut überein. Auf den Vorderpfoten ist ein kleiner schwarzer Fleck vorhanden; mit Ausnahme dieses Fleckens und der dunklen Binde auf den Hinterschenkeln sind Arme und Beine hell gelblich grau.

Wenn Trouessart in seinem Catalogus mammalium Suppl. 1904, p. 251 die *G. genettoides* Pousargues mit *G. dubia* Matschie identifiziert, so ist das unrichtig; jene Form entspricht vielmehr in allen Punkten der *G. pardina* Js. Geoffr., eine Tatsache, die Pousargues selbst schon vermutet hat.

In bezug auf die Synonymie einiger Genetten vergl. auch R. J. Pocock: P. Z. S. London 1907, Vol. II, p. 1039 u. 1041.

20. Poiana richardsoni Thomps.

(Vergl. Pocock. l. c. p. 1043—1045.)

Unser männliches Exemplar (B. Mam. Rapt. 55), zu dem der Schädel (Cran. Mam. 1355) und das übrige Skelett vorhanden sind, stammt aus Jaunde (Haberer).

Wenn wir das Stück mit den von Pocock (l. c.) gegebenen Subspezies (*P. r. ochracea*, *P. r. richardsoni* und *P. r. leightoni* vergleichen, so kommen wir zu dem Schluß, daß es zu der ursprünglichen Art *P. r. richardsoni* gehört.

Die Grundfarbe ist auf dem Rücken braungelb und wird nach den Seiten zu allmählich heller. Bauch und Innenseite der Extremitäten crêmefarbig. Auf dem Nacken und Halsrücken,

vorne zwischen den Ohren beginnend, 4 ziemlich dicht stehende schwarze Streifen, die vor den Schulterblättern endigen. Mittelstreif des Rückes undeutlich. Flecken auf dem Körper schwarz, verschieden groß, nicht in deutlichen Längsreihen angeordnet. Auf der Vorderseite der Vorderbeine finden sich einige kleine schwarze Flecke, einige etwas größere auf dem Ober- und Unterschenkel. Außenseite der Ohren grauschwarz. Schnurrhaare an der Basis schwarzbraun, die meisten nach außen hin weiß.

Schwanz schön rötlichgelb, unten etwas heller, mit 13 schwarzen Querringen und schwarzer Spitze; die Querringe sind dorsal etwas breiter wie ventral. In der Mitte der hellen Zwischenräume sind hie und da sekundäre Ringe verwaschen angedeutet.

Unterwolle am ganzen Körper mit Ausnahme der hellsten Stellen am Bauche und des Schwanzes schiefergrau.

Maße: Länge von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 35 cm, Schwanzlänge ca. 37 cm.

21. **Nandinia binotata** Gray.

(Vergl. Pousargues l. c. 282—285; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 75.)

Wir besitzen von dieser Spezies ein erwachsenes Tier (B. Mam. Rapt. 65), dessen Geschlecht nicht zu bestimmen ist, und ein halberwachsenes Weibchen (B. Mam. Rapt. 90), beide aus Molundu (Haberer).

Beide Häute bieten in bezug auf Färbung und Zeichnung nichts besonderes, so daß wir von einer Schilderung wohl absehen können.

Das gleiche gilt von der folgenden Spezies:

22. **Herpestes galera** Erxl.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 299—302, u. Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 77, 78),

von der wir sieben Exemplare in verschiedenen Altersstufen aus Jaunde und Molundu besitzen. (Haberer.)

23. **Felis pardus leopardus** Schreber.

(Vergl. Pocock: P. Z. S. London, 1907. Vol. II. p. 675.)

Unser Weibchen (B. Mam. Rapt. 96) wurde von Haberer bei Molundu erbeutet.

Ob das Exemplar tatsächlich zu obiger Subspezies gehört, wage ich ohne das nötige Vergleichsmaterial nicht zu entscheiden. Von unseren abessinischen Leoparden unterscheidet sich die Haut sofort durch die viel dunklere, mehr gelbgraue Grundfarbe und den ganz dunklen, sehr enge gefleckten Schwanz, der auf der Oberseite fast schwarz erscheint; so dicht stehen die Flecke. Grundfarbe der Unterseite von Körper und Schwanz und Innenseite der Beine rein weiß.

24. **Felis aurata aurata** Temm.

(Vergl. Pocock: P. Z. S. London. 1907. Vol. II. p. 656—662 u. 1038, 1039; siehe dortselbst auch wegen der Synonymie u. weiteren Literatur; u. Pousargues l. c. p. 322—323 unter *F. chrysothrix* Temm.)

Unser Museum besitzt von dieser interessanten Spezies vier Häute und drei Schädel aus Jaunde und Molundu (Haberer) und einen Schädel von der Sogemafarm (Djahfluß). Das Geschlecht kann leider nur noch bei zwei Exemplaren festgestellt werden: das eine ist ein Männchen von braunem Typus (B. Mam. Rapt. 95), das andere ein Weibchen von rotem Typus (B. Mam. Rapt. 94); von den beiden anderen Fellen ist B. Mam. Rapt. 60 vom roten, B. Mam. Rapt. 61 vom braunen Typus. Alle vier Stücke sind erst etwa zu 3/4 ausgewachsen; dagegen konnte ich noch ein ganz erwachsenes Tier vom braunen Typ mit untersuchen, das Herr Knauß auf der Sogemafarm am Djahfluß erlegt hatte. (Vergl. meine Notiz im Zool. Anz. Bd. 39. 1912. p. 319.) Unter den vorhandenen Schädeln (Cran. Mam. 1345, 1347, 1348 u. 1349) befindet sich ein Oberschädel (Cran. Mam. 1349) der von einem sehr alten Tier stammen muß.

Es mag gleich einleitend hervorgehoben werden, daß ich an Hand der fünf mir zur Verfügung stehenden Häute und der vier Schädel alle Angaben Pococks (l. c.) nur vollkommen bestätigen kann. Von einer eingehenden Schilderung der Häute darf ich wohl absehen, da sie mit Pococks und Pousargues Schilderung sehr gut übereinstimmen. Es mag daher nur Pococks kurze Diagnose der beiden Subspezies hier Platz finden:

a. *Felis aurata celidogaster.*

Primitive Form; red or grey in Colour, but spotted or striped on the crown of the head, the neck, and the

median area of the back; the spots on the sides of the body distinct, of comparatively large size and comparatively few in number. Tail distinctly or indistinctly banded. — Sierra Leone, Liberia, Ashanti, Cape Coast Castle, Accra.

b. *Felis aurata aurata.*

Derivative Form; red or grey in colour, with the pattern evanescent on the head, neck, and dorsal area of the body, but generally retained on the sides as small, numerous, close-set spots; tail not or only undistinctly banded. — Sierra Leone, Mandingo Country, ? Liberia, »Hinterland von Bismarckburg«, Cameroons, Benito River; and the French Congo eastwards to the Ituri forest.

Alle unsere Felle gehören der schwach gefleckten Subspezies *F. a. aurata* an. Daß unter ihnen die roten und braunen Typen vertreten sind, haben wir schon bei der Aufzählung der Häute gesehen. Größenunterschiede dieser beiden Typen sind nicht festzustellen, die uns gehörigen Exemplare sind alle von derselben Größe.

Bei allen Fellen läßt sich leicht ein Merkmal feststellen, das P. folgendermaßen beschreibt: »I have not seen it stated in any description that the hair on the upper side of the neck, from a point between the shoulders to a transverse line in front of the anterior rim of the ears and the crown of the head, *grows forwards*. This area is defined on each side by a crest, and is marked posteriorly by a single or double whorl on the shoulders. This is a most noticeable character in all the skins I have examined. It serves to distinguish the skins of *F. aurata* at a glance from those of all small or medium-sized African and Oriental species of *Felis*. It is, however, paralleled in some South-American species like *F. pardalis* and *F. tigrina,* in which its systematic value does not appear to have been thoroughly worked out.«

Auch am Schädel hat Pocock ein charakteristisches Merkmal auffinden können, das an allen unseren Schädeln ebenfalls festzustellen ist (vergl. Fig. 6 b—10); er sagt: »The second character is the shape of the mesopterygoid. fossa of the skull, which is narrow and elliptically rounded in front, and thus differs from

this fossa in all other African specis of Felis and approaches that of some of the Oriental and South-American species.«

Pococks Textfigur 175 eines Schädels stimmt mit unseren Abbildungen sehr gut überein.

Im folgenden will ich noch eine kleine Tabelle von Maßen unserer vier Schädel geben:

Felis aurata aurata Temm.	Cran. Mam. 1347	Cran. Mam. 1348	Cran. Mam. 1345	Cran. Mam. 1349
Größte Länge	11,5 cm	12,6 cm	13,4 cm	15,1 cm
Größte Breite (an den Jochbogen)	7,6	7,8	8,5	9,5
Verhältnis von Länge und Breite	60,8	61,9	63,4	62,9
Länge des knöchernen Gaumens	4,4 cm	4,7 cm	5,0 cm	5,3 cm
Abstand d. hinteren Spitzen der Reißzähne im Oberkiefer	4,2	4,3	4,4	5,0
Breite der *Fossa mesopterygoidea* (außen)	1,3	1,3	1,5	1,55
Ob. Kieferbreite über den Alveolen der Caninen	2,8	2,8	3,1	3,8
Schmalste Stelle d Gehirnkapsel oben hinter d. Orbita	2,5	2,85	2,9	3,2
Größte Breite des Hinterhauptes	5,0	5,3	—	5,9
Länge der oberen Backzahnreihe	2,7	3,0	3,0	3,2
Abstand d. Außenränder von P 1 (Obk.)	2,6	2,4	2,7	3,4
Länge der unteren Backzahnreihe	2,55	2,7	3,05	—
Gelenkfortsatz (quer)	1,65	1,8	1,9	—
Größte Länge des Unterkiefers	7,0	7,8	8,2	—
Nasalia (größte Länge, tangential)	2,95	3,1	3,2	3,75
Nasalia (größte Breite, vorne)	1,6	1,6	1,7	ca. 1,05
Länge des Ok. k. v. d. Mitte d. Alveole des Canins zur äußersten Spitze des Proc. frontalis	3,8	4,05	4,15	4,0

25. **Felis servalina** Ogilby.

(Weitere Literatur, Synonymie etc. s. Pocock: P. Z. S. London. 1907. Vol. II. p. 662—666.)

Unser Exemplar (B. Mam. Rapt. 56), dessen Geschlecht nicht mehr zu bestimmen ist, hat Haberer bei Jaunde erbeutet; zur Haut ist der Schädel vorhanden (Cran. Mam. 1263).

Die Zugehörigkeit des Tieres zur obigen Spezies steht außer Zweifel, etwas anders aber verhält sich die Frage, in welcher der bisher bekannten Subspezies es wohl untergebracht werden könnte. *F. s. poliotricha* Pocock scheidet vom Vergleich aus, denn bei ihr sind die Seiten des Körpers und der Schenkel deutlich grau, was bei unserem Stück nicht zutrifft, und auch *F. s. liposticta* Pocock kommt nicht in Betracht, weil bei ihr ein großer Teil der Körperoberseite ungefleckt ist.

So bleiben zum Vergleich noch zwei Formen übrig, *F. s. servalina* Ogilby und *F. s. pantasticta* Pocock. Bei *F. s. servalina* sind der vordere Teil der Schultern, Oberseite und Seiten des Nackens ungefleckt; hinter dieser ungefleckten Zone beginnen die Flecken nach und nach und nehmen nach hinten immer an Deutlichkeit zu. *F. s. pantasticta* zeichnet sich dadurch aus, daß Nacken und Kopf deutlich längsgestreift, und die Schultern so deutlich und eng gefleckt sind wie der Körper.

Das mir vorliegende Exemplar stimmt nun auch mit keiner dieser beiden Subspezies überein. Der Oberkopf ist ganz undeutlich gestreift, dagegen lassen sich auf dem Nacken keine Streifen finden. Die Grundfarbe des ganzen Felles ist gelblich, etwa wie bei einem jungen Gepard, Bauch und Flanken sind schmutzig gelblich weiß und grauweiß. Die Unterwolle ist graulich. Über den Rücken, vom Nacken zur Schwanzwurzel zieht ein verwaschener dunkler Streif, der durch Beimischung vieler schwarzer Haare entsteht. Die Oberseite des Halses, die Schulterblätter, der Rücken zwischen den Schulterblättern und der dunkle Rückenstreif sind sehr fein, etwas undeutlich gefleckt; die Flecken treten deutlicher hervor, jenachdem das Licht auf die Haare fällt; die Körperseiten, die Vorder- und Hinterbeine sind mit größeren Flecken versehen; diese sind besonders auf den Hinterbeinen groß. Schwanz in den basalen zwei Dritteln nicht deutlich geringelt, eher gefleckt: am letzten Drittel mit 2—3 Ringen und schwarzer Spitze. Krallen weiß.

Es bleibt nun die Frage offen, ob wir es hier mit einer für unsere Kolonie charakteristischen neuen Subspezies zu tun haben, oder ob die Unterschiede gegen *F. s. servalina* und *pantasticta* im individuellen Variationsbereich liegen. Erstere Form ist bisher bekannt von Sierra Leone, während letztere in Uganda vorkommt; die Möglichkeit, daß Südkamerun eine weitere

geographische Form beherberge, ist daher nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen. Diese Vermutung wird noch dadurch bestärkt, daß Prof. Haberer noch eine gleiche Haut aus derselben Gegend besitzt, die gleich gefärbt sein soll wie die unsere. Es widerstrebt mir aber, nach diesem kleinen Material schon eine definitive Lösung zu geben, und ich lasse daher die Frage lieber so lange offen, bis mehr Häute aus jenem Gebiete untersucht sind; sollte es sich dann zeigen, daß sie alle die gleichen oder sehr ähnliche Merkmale aufweisen wie unser Exemplar, so könnte man die Subspezies ja wegen ihrer feinen dorsalen Punktierung als *Felis servalina leptosticta* bezeichnen; als Typus der Subspezies wäre dann unser Exemplar (B. Mam. Rapt. 56) anzusehen.

Länge der Haut von der Schnauzenspitze zur Schwanzwurzel ca. 85 cm; Länge des Schwanzes ca. 31 cm.

Einige Angaben über die Maße des Schädels mögen hier noch Platz finden (vergl. auch Fig. 5 und 6a):

Größte Länge		11,15 cm
Größte Breite am Jochbogen		7,6 »
Länge des knöchernen Gaumens		4,1 »
Breite der *Fossa mesopterygoidea* (außen)		1,5 »
Abstand d. hinteren Spitzen der Reißzähne des Obk.		4,0 »
Oberkieferbreite über den Alveolen der Caninen		3,0 »
Schmalste Stelle der Gehirnkapsel oben hint. d. Orbita		3,0 »
Größte Breite des Hinterhauptes		4,5 »
Länge der oberen Backzahnreihe	ca.	2,7 »
Länge der unteren Backzahnreihe	ca.	2,5 »
Nasalia, größte Länge (tangential)		3,0 »
Nasalia, größte Breite (vorne)		1,6 »

Ein Vergleich dieser Zahlen mit den entsprechenden bei *F. aurat aurata* zeigt, daß im großen und ganzen der Schädel von *F. servalina* gedrungener gebaut und daß besonders die *Fossa mesopterygoidea* viel breiter ist, wie bei jener Spezies.

26. Anomalurus erythronotus A. M. Edw.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 330—333.)

Unser Naturalienkabinett besitzt von dieser Spezies zwei Männchen (B. Mam. Rod. 59 u. 84) aus Jaunde und Molundu (Haberer).

Beide stimmen mit der von Pousargues (l. c.) gegebenen Beschreibung gut überein, nur ist die kastanienbraune Färbung des Vorderrückens nicht sehr leuchtend.

27. Anomalurus beecrofti Fraser.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 333—334.)

Das Geschlecht unseres aus Molundu stammenden Exemplares (B. Mam. Rod. 85) (Haberer) ist nicht mehr zu bestimmen.

Kopf und Rücken ziemlich hellgrau mit ziemlich breiter, verwaschener gelblicher Mittelzone. Flughaut in den vorderen Abschnitten oben und unten mit fast ganz braunschwarzen Haaren, die nach hinten zu nach und nach eine gelbliche oder graue Spitze bekommen.

Unterseite des Halses schön leuchtend fuchsrot, von dem Grau der Oberseite durch eine schmale weiße Binde getrennt. Übrige Unterseite des Körpers nicht so leuchtend, mehr gelbrot. Unterwolle am ganzen Körper grau in verschiedenen Tonarten.

28. Sciurus strangeri Waterhouse.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 340—343; Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 43.)

Von diesem Eichhörnchen haben wir eine Reihe von sieben Exemplaren (B. Mam. Rod. 51—54 und 78—80) aus Jaunde und Molundu (Haberer).

Wie schon die früheren Autoren feststellen konnten, kann man auch bei unseren Exemplaren konstatieren, daß die Färbung bei den einzelnen Individuen sehr wechselt. Bei allen unseren Exemplaren ist jedoch der Schwanz gleich gefärbt (schwarz und weiß geringelt), während die schwarz und weiß gesprenkelte Flankenlinie bei zwei Individuen (B. Mam. Rod. 78 und 79) aus Molundu undeutlich ist.

29. Sciurus annulatus Desm.

(Vergl. Pousargues l. c. 350—352.)

Diese Spezis ist in unserer Sammlung durch 5 Exemplare (B. Mam. Rod. 55, 56, 81—83) aus Jaunde und Molundu (Haberer) vertreten.

Auch bei den Angehörigen dieser Art läßt sich ein starkes Variieren in der Färbung feststellen. Hiervon ist auch der Schwanz nicht ausgeschlossen. Während er bei zwei Exemplaren im großen und ganzen schwarz und rötlichgelb geringelt ist, wobei die Spitzen der Haare fast rein weiß sind, ist das rötliche Gelb bei zwei anderen Individuen durch Weißgelb ersetzt; bei diesen vier Stücken tritt aber das Schwarz kräftig hervor, weil die schwarzen Ringe ziemlich breit sind; beim fünften Individuum ist aber die Sache umgekehrt, hier sind die hellen Ringe breiter und dadurch bekommt der Schwanz ein eigentümlich mattes gelblichgraues Aussehen. Bei allen fünf Exemplaren ist aber der Schwanz auf der Oberseite seiner Basis wie der Rücken gefärbt.

30. **Sciurus lemniscatus** Lec.

(Vergl. **Pousargues** l. c. p. 358—360.)

Von dieser Art besitzen wir sechs Exemplare (B. Mam. Rod. 64—68, 77) aus Jaunde und Molundu (Haberer).

Die Färbung variiert sehr. Bei allen unseren Individuen sind die vier Rückenstreifen deutlich, die Unterseite ist schmutzig weiß. Die Variabilität liegt im Ton der Sprenkelung, bei dem einen Individuum sind auf der Oberseite die Spitzen der Haare schön gelbrot, wodurch ein satter, leuchtender Farbton entsteht, während bei anderen die Haarspitzen matt olivengelblich sind; Übergänge zwischen beiden Extremen sind vorhanden.

31. **Sciurus pyrrhopus** F. Cuv.

(Vergl. **Pousargues** l. c. p. 360—366.)

Drei von unseren Exemplaren (B. Mam. Rod. 57, 58 und 76) aus Jaunde und Molundu sind ganz typisch gefärbt, so daß wir nicht näher auf sie einzugehen brauchen; das vierte Stück aber (B. Mam. Rod. 75) aus Molundu ist so verschieden gefärbt, daß man versucht ist, es für eine andere Spezies zu halten. Die Färbung des Schwanzes ist wie bei den übrigen Individuen; auf der Oberseite sind die Hare schwarz und weiß geringelt mit weißer Spitze, auf der Unterseite ist die Basis gelblichrot, dann folgt eine fast ebenso breite schwarze Zone und endlich eine weiße Spitze.

Die ganze Oberseite ist schwarz und gelblich gesprenkelt, nur die Schnauzenspitze und der Hinterrücken haben rötlichen Anflug. Vorder- und Hinterbeine sind düster mit rötlichem Anflug, die ganze Unterseite ist dunkel rostrot, diese Färbung verwäscht sich an den Seiten allmählich mit der gelblichen Sprenkelung des Rückens. Von einem hellen Seitenbande ist keine Spur vorhanden.

32. **Sciurus poensis** A. Sm.

(Vergl. Pousargues l. c. p. 355—358.)

Diese Art ist durch fünf Exemplare (B. Mam. Rod. 69, 70, 72, 73, 74) aus Jaunde und Molundu (Haberer) in unserem Naturalien-Kabinett vertreten.

Alle Exemplare stimmen mit den bekannten Beschreibungen überein, so daß wir uns mit der Registrierung unserer Individuen begnügen können.

33. **Epimys rufinus** Temm.

(Vergl. Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 52.)

Unsere beiden Exemplare (B. Mam. Rod. 86, 87) aus Molundu (Haberer) stimmen mit der von Matschie l. c. gegebenen Diagnose genau überein.

Das gleiche gilt von dem Exemplar von

34. **Cricetomys gambianus** Waterh.

(Vergl. Matschie, P.: Säuget. D.O.Afr. p. 47),

das durch ein Individuum (B. Mam. Rod. 60) aus Jaunde (Haberer) in unserer Sammlung vertreten ist.

35. **Atherura africana** Gray

braucht nur als durch ein Exemplar (B. Mam. Rod. 37) aus Jaunde (Haberer) in unserer Sammlung vertreten, hier kurz erörtert zu werden.

36. **Manis tricuspis** Raf.

(Vergl. Noack: Zool. Jahrb. Abt. f. System. Bd. 4. 1889. p. 97—100.)

Unser einziges Exemplar, ein Weibchen (B. Mam. Ed. 5), wurde von Haberer bei Jaunde gefangen.

Das Tier stimmt im großen und ganzen mit der von Noack gegebenen Beschreibung überein, jedoch sind auch einige Abweichungen zu verzeichnen. Die Schuppenreihen des Körpers treten in der Zahl von 21 auf, dagegen zeigt der Schwanz 39 Randschuppen (statt 34—37); die ununterbrochene Mittelreihe des Schwanzes besteht aus 34 Schuppen und endigt ca. 4 cm vor der Schwanzspitze. Die drei Spitzen am Ende jeder Schuppe sind am ganzen Körper deutlich; die Schuppen der Körperseiten, Extremitäten und die seitlichen Reihen auf dem Schwanz an dessen distalen 2 Dritteln sind gekielt; sonst sind alle Schuppen auch noch mit Längsrillen versehen; die Zahl derselben schwankt zwischen 15 und 29, je nach der Körpergegend.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Schädel von *Simia satyrus* L. ♀ ad. Molundu (Cran. Mam. 1346).

Fig. 2. *Gorilla gorilla schwarzi* Matschie. ♂ ad. Schädel. Sogemafarm (Djahfluß).

Fig. 3. do. Hinterhauptfläche.

Fig. 4a. *Guereza abyssinicus occidentalis* Rochebr. ♂ ad. Schädel. (Cran. Mam. 1351.) Fig. 4b. dto. ♀ (Cran. Mam. 1342.)

Fig. 5. *Felis servalina* Ogilby. (Cran. Mam. 1263.)

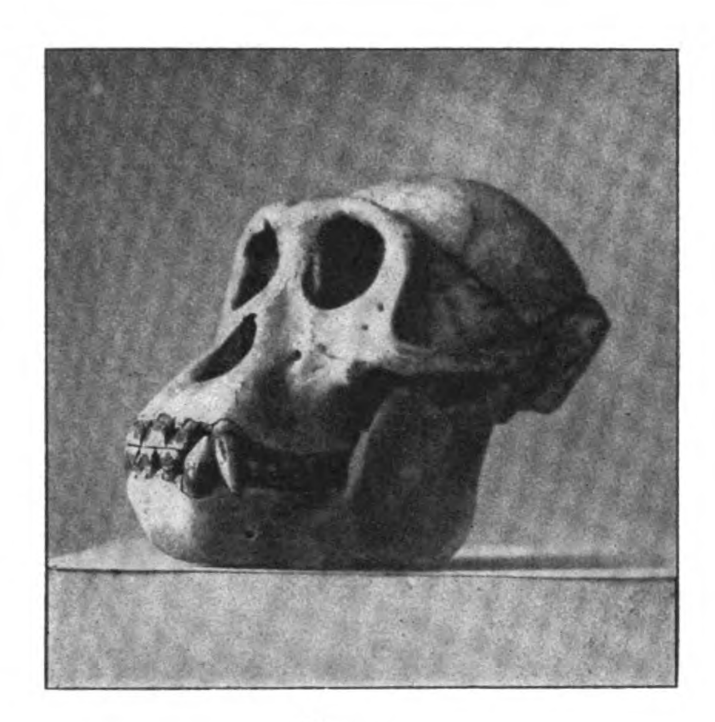
Fig. 6a. *Felis servalina* Ogilby. Cran. Mam. 1263.)

Fig. 6b. *Felis aurata aurata* Temm. (Cram. Mam. 1345.)

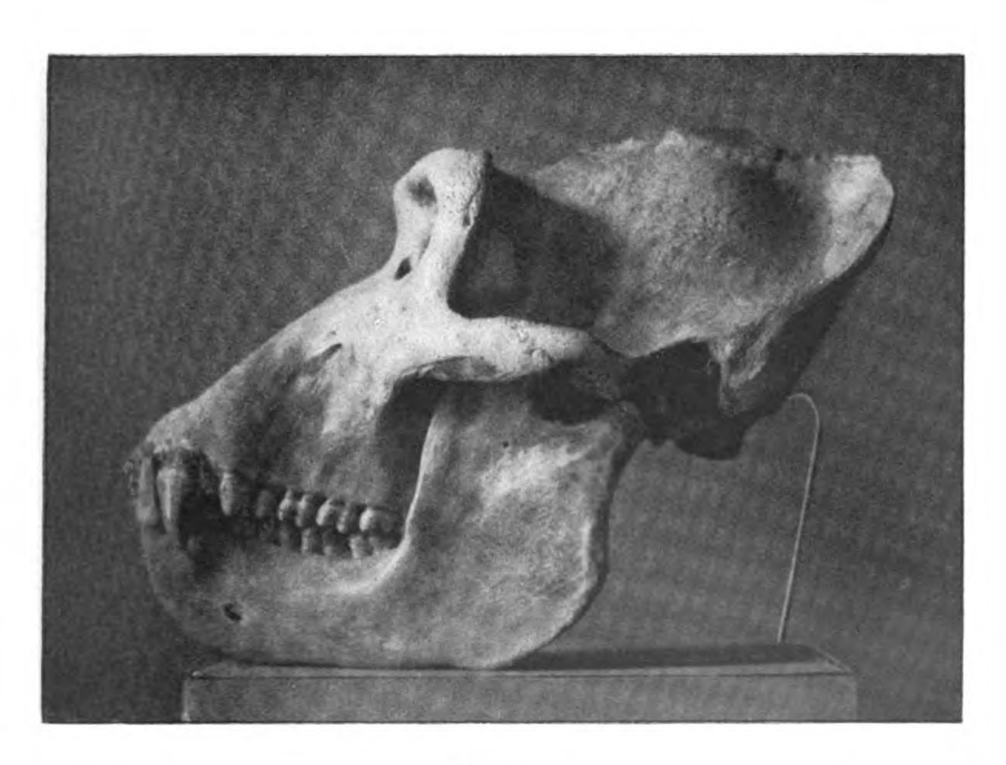
Fig. 7 und 8. *Felis aurata aurata* Temm. (Cran. Mam. 1349.)

Fig. 9a u. 10a. *Felis aurata aurata* Temm. (Cran. Mam. 1347.)

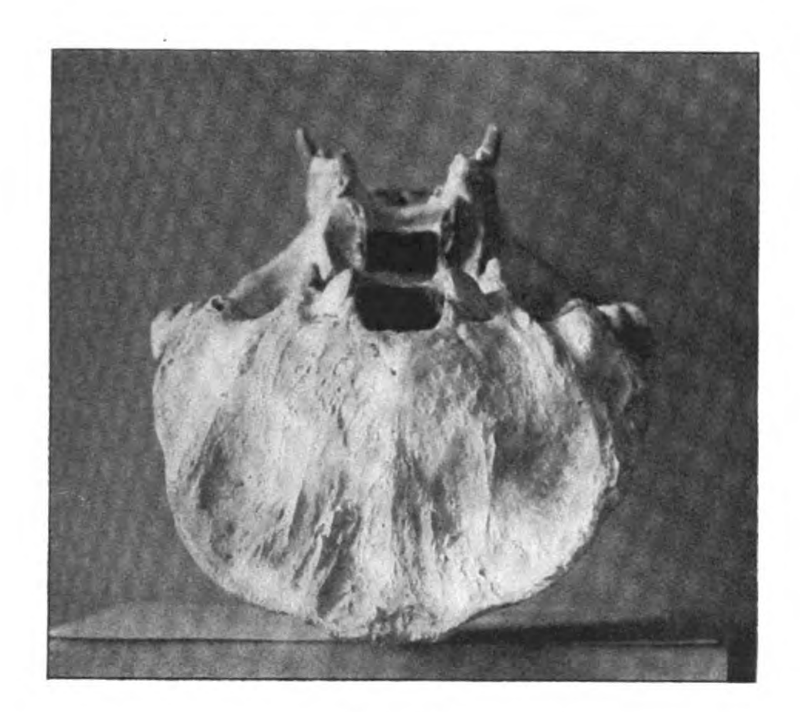
Fig. 9b u. 10b. *Felis aurata aurata* Temm. (Cran. Mam. 1348.)



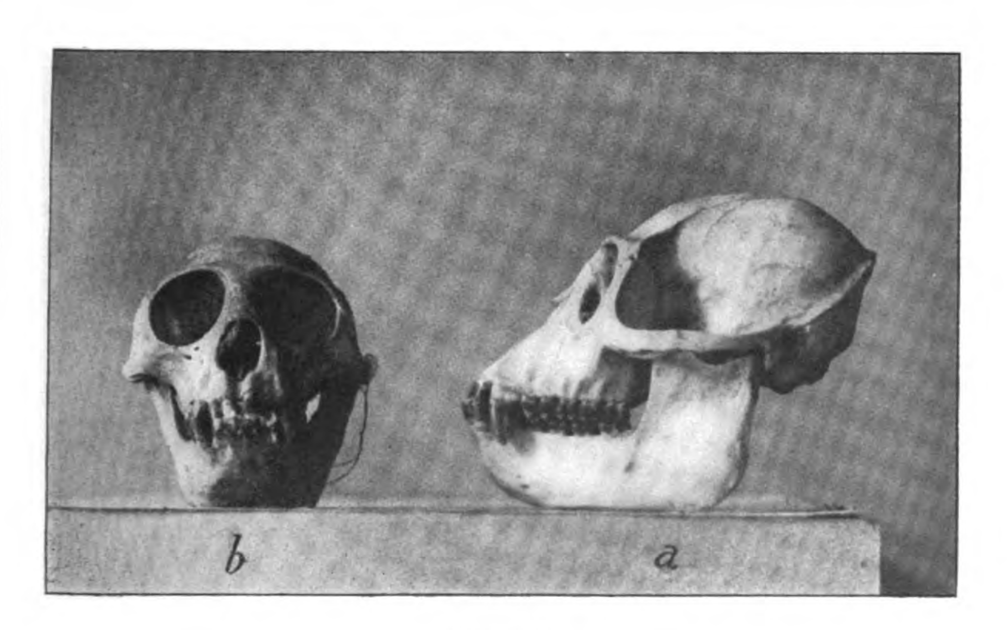
Figur 1.



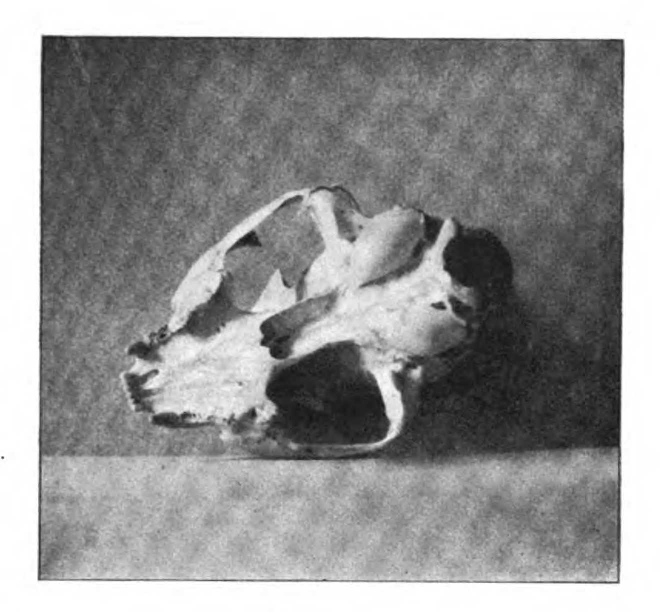
Figur 2.



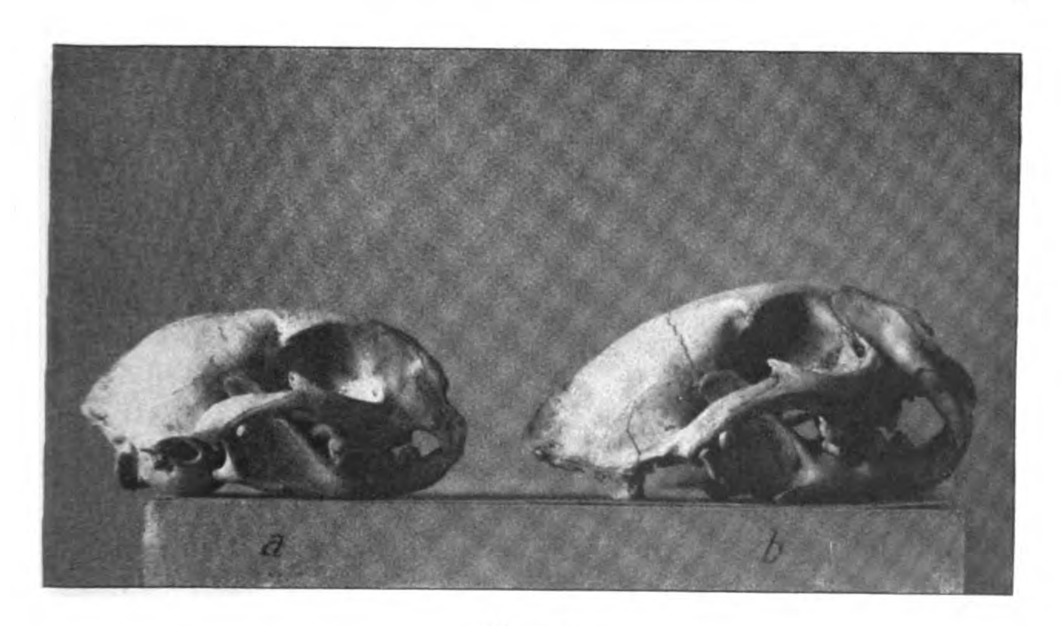
Figur 3.



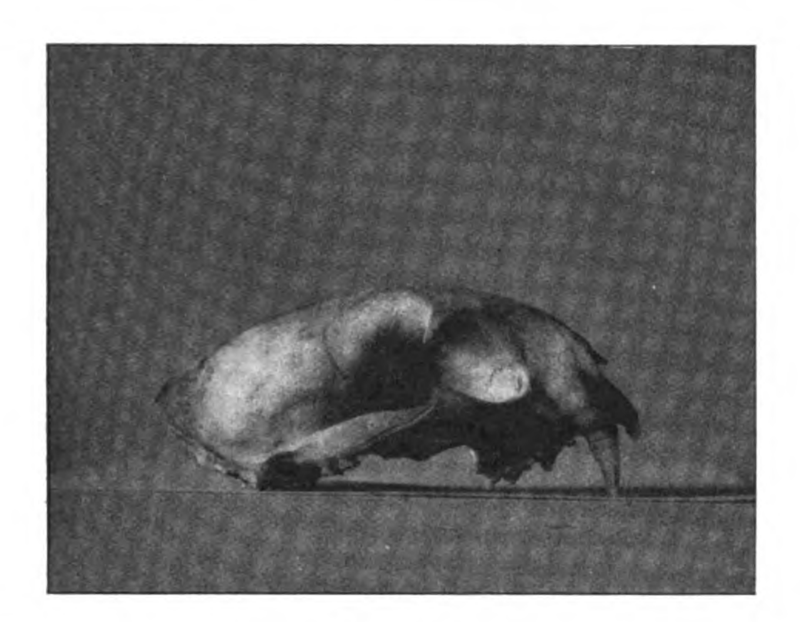
Figur 4.



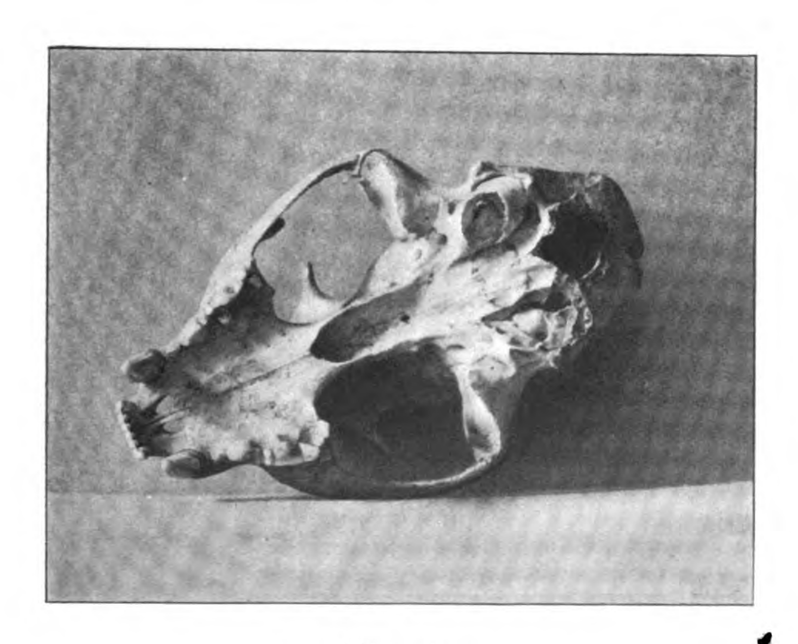
Figur 5.



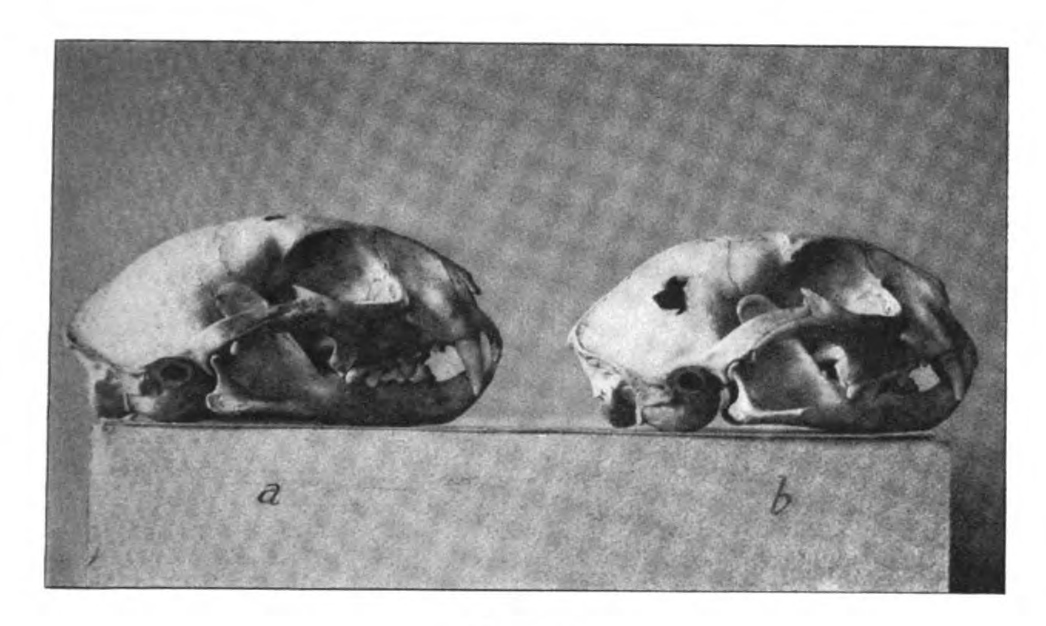
Figur 6.



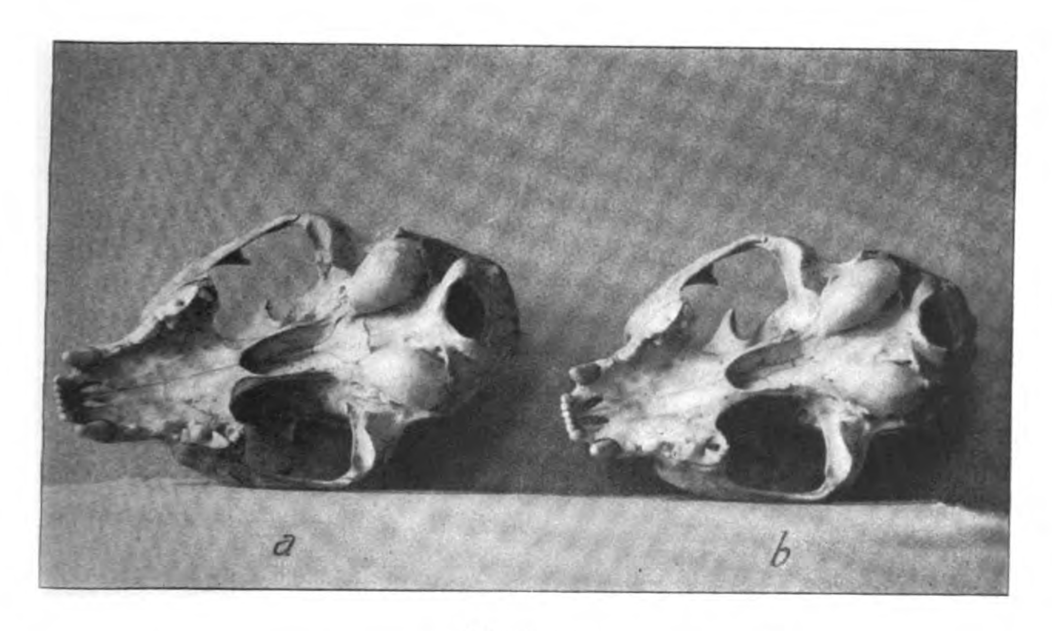
Figur 7.



Figur 8.



Figur 9.



Figur 10.

Die Beweise für die Existenz von Molekülen und die Sichtbarmachung der Molekularstruktur von Kristallen durch Röntgenstrahlen[1].

Von **O. Lehmann.**

Die Vorgänger der Physiker, die Magier des alten Babyloniens, hatten die Aufgabe, mit den unsichtbaren Geistern, Naturgottheiten, Dämonen oder Kobolden, welche man sich damals als die eigentlichen Urheber alles Geschehens dachte, in Beziehung zu treten, um Kommendes zu erfahren; auch sie durch Opfer günstig zu stimmen, um Nützliches zu fördern, Schädliches abzuhalten. In gewisser Hinsicht hatten sie als Propheten guten Erfolg, sie vermochten beispielsweise mit Sicherheit Sonnen- und Mondfinsternisse vorauszusagen und einen deus ex machina in Funktion zu setzen, so wie es ihnen paßte.

Diese Erfolge beruhten nun aber lediglich auf der Erkenntnis mathematischer und physikalischer Gesetze, welche mit der Götterlehre in gar keinem Zusammenhang stand, und so erscheint nur natürlich, daß Mathematik und Physik sich im Lauf der Zeit von dieser loslösten und ihre eigenen Wege gingen.

Ihre eigentliche Aufgabe ist aber heute noch dieselbe, nämlich auf Grund des in der Gegenwart Gegebenen das Zukünftige vorauszusagen und zwar nicht nur oberflächlich zu beschreiben, sondern mit aller Exaktheit zu berechnen und, da wir befähigt sind, gemäß unserem Willen durch eigene Kraft in das Geschehen einzugreifen und deshalb nicht gewillt sind, müßige Zuschauer zu bleiben, vielmehr einen natürlichen Herrscherberuf in uns fühlen, das Bestreben die Naturkräfte uns dienstbar zu machen, die weitere Aufgabe, die Beschreibung derart zu gestalten, daß wir sie verstehen, d. h. mindestens im Geiste die Vorgänge durch unsere eigene Kraft hervorzurufen imstande sind.

---

[1] Vortrag, gehalten im Naturwissenschaftlichen Verein am 8. November 1912. Der Vortrag war von zahlreichen experimentellen Demonstrationen und Projektionen begleitet, auf welche im Folgenden der Kürze halber nicht hingewiesen ist.

Woher nehmen aber Mathematiker und Physiker die Sicherheit, daß ihre Voraussagen genau zutreffen werden? Woher wissen wir, daß 2×2 immer $= 4$ ist? Offenbar daher, weil die Gedankenoperationen, die wir ausführen, genaue Abbilder der wirklichen Operationen sind und somit auch das gleiche Ergebnis haben müssen. Wenn wir durch den einen Schenkel eines rechten Winkels unter bestimmter Neigung eine gerade Linie ziehen, so sind wir imstande, lediglich durch Gedankenoperationen herauszufinden, unter welchem Winkel diese Gerade den andern Schenkel schneiden wird. Wir sind mit Recht der vollen Überzeugung, daß wenn wir die Zeichnung wirklich ausführen, oder etwa Lineale in der beschriebenen Weise aneinanderfügen, der gemessene Winkel genau mit dem berechneten übereinstimmen wird. Ebenso werden wir den durch reine Gedankentätigkeit gefundenen pythagoräischen Lehrsatz, die Summe der Quadrate über den Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks sei gleich dem Quadrat über der Hypotenuse, unter allen Umständen durch experimentelle Ausmessung an beliebig kleinen oder großen, schmalen oder breiten Dreiecken stets mit der Wirklichkeit in vollkommener Übereinstimmung finden. Und dies gilt von allen mathematischen Operationen. Der konstruierende Architekt, der Ingenieur und der Maschinenbauer machen fortwährend von dieser Übereinstimmung unseres Gedankenganges mit der Wirklichkeit Gebrauch, ohne je auf eine Schwierigkeit oder Unsicherheit zu treffen, soweit eben die Rechnung oder Konstruktion eine fehlerlose war.

Es sind aber nicht nur rein mathematische Beziehungen, die sie verwenden, sondern auch physikalische. Das Ohm'sche Gesetz, die Grundgesetze der ponderomotorischen und elektromotorischen Wirkungen, die sich in Maxwells Gleichungen vereinigt finden, ermöglichen dem Elektrotechniker genaue Vorausberechnung seiner komplizierten elektrischen Maschinen und Anlagen. Auch hier besteht mit Recht die volle Zuversicht, das was auf mathematischem Wege aus den Forschungsergebnissen der Physik erschlossen wurde, müsse notwendig stets mit der Wirklichkeit übereinstimmen, sofern eben nur die zur Ableitung benutzten Sätze der Physik richtig sind und kein Rechenfehler unterlaufen ist.

Leider befindet sich nun der Physiker nicht in gleich glücklicher Lage wie Mathematiker und Techniker, denn gar häufig ist er genötigt, seine Berechnungen auf Grundlagen

aufzubauen, deren Zuverlässigkeit ganz unmöglich kontrolliert werden kann.

Ich lasse einen Lichtstrahl durch einen Kalkspatkristall hindurchgehen. Er zerfällt in zwei Strahlen, die in gesetzmäßiger Weise gegeneinander verschoben sind, die überdies polarisiert erscheinen, so daß der eine beim Auftreffen auf einen schwarzen Spiegel ausgelöscht wird, während die Zurückwerfung des andern in voller Stärke erfolgt. Dem Optiker, welcher ein Polarisationsprisma aus Kalkspat fabrizieren will, genügt für seine Zwecke die Kenntnis des mathematischen Zusammenhangs zwischen der Brechung des Lichtstrahls und der Form des Kristalls, welcher durch Messungen mit größter Genauigkeit ermittelt und aus physikalischen Handbüchern entnommen werden kann.

Aufgabe des Physikers ist aber, nicht einfach diesen Zusammenhang festzustellen, sondern ihn vorauszuberechnen; doch auf welcher Grundlage? Welches sind die kleinen unsichtbaren Kobolde im Kristall, welche die Zerteilung und Veränderung des Lichtstrahls bewirken? Wäre nicht die Annahme der Existenz solcher Individuen, Atome oder Moleküle (Aggregate von Atomen) ein Rückfall in die verkehrten altheidnischen Anschauungen der Magier? In der Tat galt es in der Zeit vor etwa 20 Jahren in der Physik als unpassend oder unkorrekt, sich mit Molekularhypothesen zu befassen. Der Physiker sollte nur solche Dinge in den Kreis seiner Betrachtungen ziehen, die man direkt sehen und messen kann.

Bei der um jene Zeit durchgeführten Abfassung meiner Molekularphysik[1] habe ich deshalb nur in einem kleinen Schlußkapitel Hinweise auf die bestehenden Molekulartheorien gegeben und im übrigen selbst das Wort Molekül streng vermieden[2], nicht gerade zum Vorteil der Klarheit des Ganzen, denn in manchen Fällen ist schon eine Beschreibung der einfachsten Tatsachen (z. B. der Identität der Mischung zweier Salzlösungen mit der Lösung der Mischkristalle dieser Salze) unmöglich ohne Beiziehung der Vorstellung der Existenz unveränderlicher Atome, da solche Beschrei-

[1] O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig, W. Engelmann 1888/89.

[2] W. Ostwald, der um jene Zeit sein Lehrbuch der Allgemeinen Chemie herausgab, machte zwar anfänglich noch Gebrauch von den Begriffen Atom und Molekül, gelangte aber schließlich zu der Annahme, Materie sei nur Energie, s. Zeitschr. f. phys. Chem. **18**, 305, 1895.

bung ohne diese Annahme die Vermehrung unseres Wortschatzes um unendlich viele neue Worte notwendig machen würde[1]. Ferner aber verstehen wir einen Vorgang offenbar nur dann, wenn wir imstande sind, ihn in Gedanken zu wiederholen und, da wir, falls wir einen Körper beschleunigen oder in seiner Bewegung hemmen, die Empfindung einer Kraftwirkung haben, welche eine Willensäußerung unseres unveränderlichen und unteilbaren Ich ist, so ist notwendig, um sich den Verlauf der Erscheinungen vorstellen zu können, als Urheber aller Bewegungsänderungen Wesen zu denken, welche genau ebenso unveränderlich und unteilbar sind, d. h. Individuen oder Atome (griechischer Ausdruck für Individuum), wenn auch nur in dem Sinne eines Gleichnisses, indem man sagt, die Vorgänge verlaufen so »als ob« die Körper aus solchen Atomen (Molekülen) zusammengesetzt wären[2]. Dies schließt natürlich nicht aus, daß die Moleküle wirklich existieren, und wenn dies zutrifft, ist die Hypothese, die Materie sei kontinuierlich, welche man gewöhnlich vorzieht, weil es so zu sein scheint, falsch; Berechnungen auf Grund dieser sog. Mediumtheorie können keine brauchbaren Resultate ergeben, selbst wenn man ebenfalls nur sagt, die Materie verhält sich so »als ob« sie kontinuierlich wäre. Die große Mannigfaltigkeit von Molekülkombinationen, die entsprechende Mannigfaltigkeit von Vorgängen bedingt, würde ja in der Rechnung gar nicht berücksichtigt werden können. Jedenfalls hat die neuere Forschung zugunsten der Molekulartheorie entschieden, wie nun im folgenden dargelegt werden soll.

I. Die kinetische Molekulartheorie.

Betrachten wir zunächst die Kompressibilität und thermische Ausdehnung der Gase. Ich drücke mit einer Druckpumpe ein gewisses Quantum Gas zusammen und gebe nun den Kolben wieder frei. Er schnellt infolge des Gasdrucks sofort auf seinen früheren Stand zurück! Wer übt diesen Druck aus? Das Gas selbst ist kein Individuum; also dessen Atome. Warum üben sie eine solche Kraft aus? Wenn ich das Gas erwärme wird der

[1] O. Lehmann, Karlsruher Antrittsrede, Natur 1889.

[2] Siehe O. Lehmann in Frick's physik. Technik 7. Aufl. Bd. II (1) 739, 1905, z. T. schon in der 6. Aufl. I, 139, 1890.

Druck größer, beim Abkühlen kleiner. Was ist Wärme? Nach den Entdeckungen von Graf **Rumford** und **Robert Mayer** kann sie nur in einer Bewegung der Moleküle bestehen. Die Gasmoleküle müssen beim Aufstoßen auf die Kolbenfläche naturgemäß wie andere stoßende Körper einen Druck ausüben. Ist dieser Druck identisch mit dem Gasdruck? Man stelle sich z. B. vor, das Gas sei in einen würfelförmigen Behälter von 1 m Seitenlänge eingeschlossen. Ein Molekül von m kg Gewicht bewege sich mit der Geschwindigkeit c m pro Sekunde senkrecht gegen die eine Seitenfläche. Beim Aufstoßen wird ihm zunächst die Geschwindigkeit c entzogen, sodann dieselbe Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung erteilt. Die Geschwindigkeitsänderung bei einem Zusammenstoß ist also $2\,c$. Zwischen zwei Stößen legt das Molekül, da es an der entgegengesetzten Seite abprallt und wieder gegen die erste Seite geworfen wird, den Weg 2 m zurück; die Zeit, die es dazu gebraucht, ist also, da die Geschwindigkeit c beträgt, $^2/_c$ Sekunden. Nun ist die Stoßkraft des Moleküls gleich seiner Masse m mal der Änderung der Geschwindigkeit pro Sekunde. Letztere beträgt in $^2/_c$ Sekunden $2\,c$, somit in einer Sekunde $2\,c \cdot {}^c/_2 = c^2$, daher ist die Stoßkraft $m \cdot c^2$ Dezimegadynen. Da alle Bewegungsrichtungen gleichmäßig vertreten sind, kann man annehmen, je ein Drittel der Moleküle bewege sich senkrecht zu einem der drei Seitenpaare. Ist also n die Gesamtzahl der Moleküle (in einem Kubikmeter), so stoßen auf die betrachtete Seitenfläche von 1 qm Ausdehnung $^n/_3$ Moleküle, der Druck p beträgt somit $^n/_3\, m\, c^2$ Dezimegadynen pro Quadratmeter. $n \cdot m$ ist die ganze Masse des Gases im Kubikmeter, d. h. die Dichte ϱ desselben, es ist also

$$p = \frac{1}{3} \cdot \varrho \cdot c^2 \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Hieraus läßt sich die mittlere Geschwindigkeit der Moleküle ermitteln, sie findet sich von der Größenordnung der Anfangsgeschwindigkeit von Flintenkugeln, etwas größer als die Schallgeschwindigkeit in dem betr. Gas[1]. Aus der erhaltenen Gleichung folgt weiter, wenn das Volum von 1 kg in cbm v beiderseits als

---

[1] In Luft beträgt die Schallgeschwindigkeit unter gewöhnlichen Umständen 340 m pro Sekunde; die Molekulargeschwindigkeit ist im Mittel etwa 500 m pro Sek.

Faktor und die absolute Temperatur τ als Divisor beigefügt wird:

$$\frac{p\,v}{\tau} = \frac{1}{3}\,\frac{m\,n\,v\,c^2}{\tau} \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Macht man nun die Annahme, die absolute Temperatur sei um so größer, je größer die Bewegungsenergie der Moleküle ist, es sei $\tau = \text{const} \cdot \frac{m\,c^2}{2}$, so wird $\frac{p\,v}{\tau} = \frac{2 \cdot m \cdot n \cdot v \cdot c}{3 \cdot \text{const} \cdot m \cdot c^2} = \frac{2\,n\,v}{\text{const}}$ oder $\frac{p\,v}{\tau} = \text{const}$, da $n\,v$ die Gesamtzahl der Gasmoleküle, also konstant ist. Tatsächlich trifft dies genau zu (Boyle-Gay-Lussacs-Gesetz), ein Beweis für die Richtigkeit der gemachten Annahme.

Hat man zwei verschiedene Gase, die durch die Indizes 1 und 2 unterschieden werden mögen, so ist, falls deren Drucke p_1 und p_2 gleich sind: $\frac{1}{3}\,m_1\,n_1\,c_1^2 = \frac{1}{3}\,m_2\,n_2\,c_2^2$. Sind außerdem die Temperaturen τ_1 und τ_2 gleich, so ist $\frac{1}{2}\,m_1\,c_1^2 = \frac{1}{2}\,m_2\,c_2^2$. Durch Division beider Gleichungen folgt das Gesetz von Avogadro: $n_1 = n_2$, d. h. gleiche Volumia verschiedener Gase enthalten unter gleichen Umständen gleichviel Moleküle.

Verbinden sich die Atome zweier Gase, z. B. von Sauerstoff und Wasserstoff, so muß demgemäß, da die Zahl der Moleküle kleiner wird, plötzliche Volumverminderung eintreten. Ist die Masse eines Wasserstoffmoleküls m_H, so muß die Masse eines Sauerstoffmoleküls $m_O = 32 \cdot m_H$ sein, da die Dichten von Sauerstoff und Wasserstoff, d. h. die Produkte $n_O \cdot m_O$ und $n_H \cdot m_H$ sich verhalten wie 32 zu 1 und da, wie eben gezeigt, $n_O = n_H$ sein muß. In dieser Art läßt sich leicht das Molekulargewicht M eines beliebigen Gases aus dessen Dichte finden, da ja M das Verhältnis der Masse eines Moleküls desselben zu der eines Moleküls Wasserstoff[1] ist, welche man in diesem Fall statt des Kilogramms als Einheit der Masse zu wählen pflegt.

1 Kilogrammol sind soviele Kilogramme als das Molekulargewicht beträgt; z. B. ist 1 kg-Mol Sauerstoff die Masse 32 kg Sauerstoff. Da 1 Kubikmeter Sauerstoff 1,429 kg wiegt[2], so nimmt 1 kg-Mol Sauerstoff den Raum $\frac{32}{1{,}429} = 22{,}4$ cbm ein. Ebensogroß

[1] Neuerdings vergleicht man die Molekularmasse mit der des Sauerstoffs, welche = 32 gesetzt wird.

[2] Im Normalzustand d. h. bei 0° und 760 mm Druck (= 273° absolut und 101 365 Dezimegadynen pro qm Druck). Eine Dezimegadyne ist die Kraft, die der Masse 1 kg die Beschleunigung 1 m/sec² erteilt (s. O. Lehmann, Leitfaden der Physik).

ist nach Avogadros Gesetz das Volumen von 1 kg-Mol irgend eines andern Gases. Auf 1 kg-Mol bezogen lautet deshalb das Gasgesetz, gleichgültig, welches die chemische Natur des Gases ist:

$$p = \frac{8319 \cdot \tau}{v} \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Nun war $\tau = \text{const} \cdot \frac{m c^2}{2}$, oder $m c^2 = 2 \tau/\text{const}$, also wird $p = \frac{1}{3} n m c^2 = \frac{2}{3} \frac{n \tau}{\text{const}}$ oder $\text{const} = \frac{2}{3} \frac{n v}{8319}$ und $\tau = \frac{2 \cdot n v m c^2}{3 \cdot 8319 \cdot 2}$ oder, da $n v m$ die ganze Masse von 1 kg-Mol $= M$ kg ist, $\tau = \frac{M c^2}{3 \cdot 8319}$ Grade nach absoluter Skala. Nennt man die Konstante des Gasgesetzes für 1 kg des Gases R, so ist $M \cdot R = 8319$, und $\tau = \frac{c^2}{3 R}$ also die kinetische Energie eines Moleküls $\frac{m c^2}{2} = \frac{3}{2} m R \tau = \frac{3}{2} \frac{M R}{N} \tau = \frac{3}{2} \frac{8319 \cdot \tau}{N}$ Joule, wenn N die Zahl der Moleküle in 1 kg-Mol, die sog. Avogadrosche Zahl bedeutet.

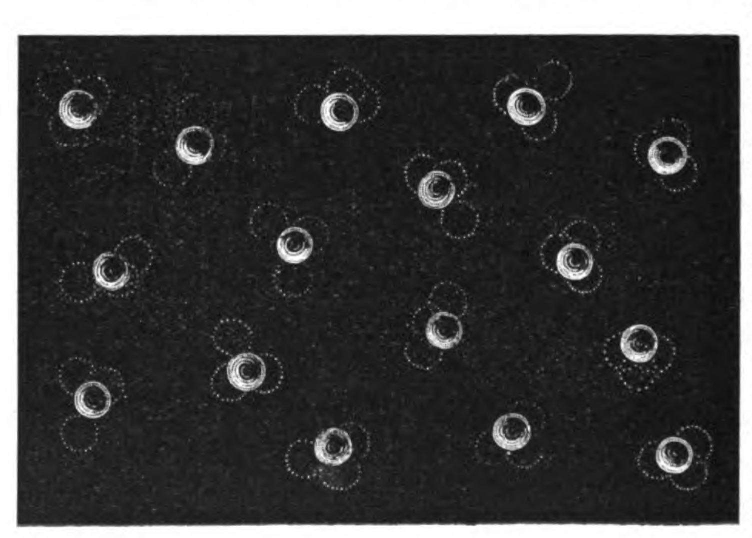
Das Gasgesetz läßt sich auch schreiben: $p = 8319 \cdot c \cdot \tau$, wenn c die molekulare Konzentration $\left(\frac{1}{v}\right)$ bedeutet, d. h. die Anzahl Kilogrammol des Gases, die sich in einem Kubikmeter befinden. Vom absoluten Nullpunkt an, wo der Druck naturgemäß Null ist, da die Geschwindigkeit c der Wärmebewegung = Null sein muß, steigt der Druck in gleichem Maße wie die Temperatur, allerdings nur sofern keine chemische Änderung (Dissoziation oder Assoziation) des Gases sich vollzieht, d. h. das Molekulargewicht dasselbe bleibt. Würden dagegen plötzlich die Moleküle in je zwei gleiche kleinere zerfallen, so hätte man nicht mehr 1, sondern 2 kg-Mol, da nun das Molekulargewicht halb so groß geworden ist, der Druck müßte also plötzlich auf das Doppelte steigen. Ebenso wird sich jede andere chemische Änderung durch eine entsprechende Änderung des Druckes kundgeben müssen, z. B. allmähliche Dissoziation durch allmähliche Vergrößerung desselben.

Für ein Gemenge von Gasen, deren räumliche molekulare Konzentrationen $c_1 c_2 \ldots$ sind, ist der Druck nach Daltons Gesetz die Summe der Drucke, welche die Gase einzeln ausüben würden, also: $p = 8319 \, (c_1 + c_2 + \ldots) \, \tau$ Dezimegadynen pro qm. Ganz verschiedenartige Moleküle wirken also in einem solchen Gemische hinsichtlich des erzeugten Druckes in durchaus derselben Weise, was verständlich ist, da sie alle dieselbe Temperatur haben, somit auch ihre Bewegungsenergie, die nicht von Volumen abhängt, nämlich wie

oben $= \frac{3}{2} \cdot \frac{8319}{N} \cdot \tau$ Joule sein muß, dieselbe ist (Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung)[1].

II. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Konzentration von Emulsionen.

Eine Frage von ganz besonderem Interesse ist die, wie groß sind die Moleküle, wieviel derselben gehen auf 1 Kilogramm? Da ein Mikroskop im Maximum nur etwa 1000 fache Vergrößerung besitzt, so ist nicht daran zu denken, die Moleküle mittelst eines solchen sichtbar machen zu können. Immerhin gelingt es leicht, wenigstens ihren Bewegungszustand indirekt durch die Bewegung feiner in dem Gase schwebenden Stäubchen unter dem Mikroskop zu erkennen. Beobachtungen über diese durch die wechselnden Stöße der Gasmoleküle bedingte, n. Brown, der sie schon früher in Flüssigkeiten beobachtete, als Brownsche Wimmelbewegung bezeichnete zitternde Bewegung feiner Partikelchen (Fig. 1)[2] hat zuerst Bodaszewski[3] beschrieben. Er untersuchte Rauch von brennenden Stoffen, Salmiaknebel usw. bei 100 facher Vergrößerung, indem er denselben von oben her mit Sonnenlicht oder elektrischem Licht beleuchtete[4].



Figur 1.

[1] Demonstriert wurde die infolge der Bewegung der Moleküle eintretende Diffusion von Chloroformdampf und von Bromdampf in Luft, welche bedeutend langsamer, aber bis zu demselben, durch die Größe des Gefäßes bedingten Druck sich vollzieht, wie die Expansion ins Vakuum.

[2] Aus O. Lehmann, Molekularphysik, Bd. 1, S. 265, Fig. 114, 1888.

[3] Bodaszewski, Chem. Centralbl. **12**, 209, 1881; Kosmos **7**, 177, 1882; Beibl. **8**, 488, 1884.

[4] Ich selbst habe etwas später solche Beobachtungen in gewöhnlichem durchfallendem Licht gemacht (Molekularphysik **2**, 5, 1889). Auf die Mitte eines großen

Denkt man sich ein Gas ohne Molekularstruktur, so müßten darin schwebende feste Partikelchen ihrer großen Dichte wegen allmählich zu Boden sinken und sich als Staubschicht ablagern. Der kinetischen Molekulartheorie gemäß muß umgekehrt, wenn ein reines Gas in ein Gefäß mit Staubschicht am Boden gebracht wird, auch bei völliger Ruhe des Gases die Staubschicht allmählich aufgewirbelt werden, bis das Gas annähernd gleichmäßig staubig geworden ist, infolge des beständigen Bombardements der Staubschicht durch die Gasmoleküle, so etwa wie eine Bodenschicht der schwereren Kohlensäure allmählig (entgegen der Wirkung der Schwere) in darüber gelagerte Luft diffundiert. Da Gase kontinuierlich in Flüssigkeiten übergehen können (durch Kompression oberhalb des kritischen Drucks und nachfolgende Abkühlung unter die kritische Temperatur), so ist zu erwarten, auch in Flüssigkeiten sei ein ähnlicher molekularer Bewegungszustand vorhanden, und, wie schon bemerkt, ist gerade bei diesen die Wimmelbewegung zuerst von Brown wahrgenommen worden.

F. Exner[1] versuchte sie hier mittelst des Zeichenprismas nachzuzeichnen und auszumessen. Wie zu erwarten, kam er zu dem Ergebnis, daß sie mit der Quadratwurzel aus der absoluten Temperatur steigt, und mit zunehmender Teilchengröße abnimmt. Durch die Erfindung des Ultramikroskops, bei welchem noch Teilchen von 1 Milliontel Millimeter Durchmesser durch intensive Beleuchtung von der Seite oder von oben herab im dunklen Gesichtsfeld sichtbar gemacht werden können (wenn auch nicht in ihrer wahren Form), gelang es H. Siedentopf und R. Zsigmondy[2] speziell bei kolloidalen Goldlösungen, d. h. Wasser mit sehr feinen Goldstäubchen, noch weit intensivere Wimmel-

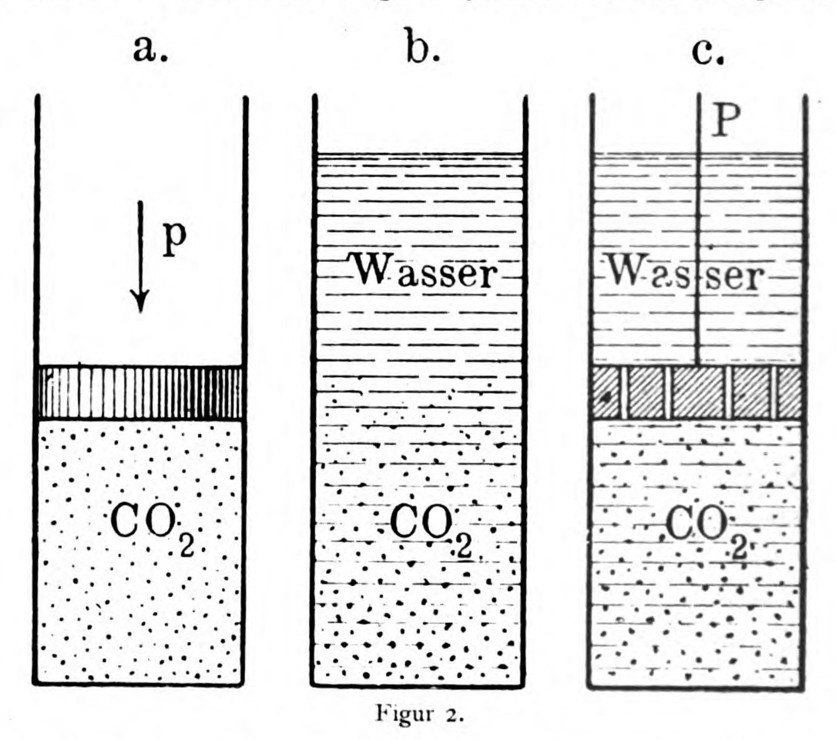
Objektträgers wurde ein kleines Tröpfchen Salzsäure gebracht. Nun bedeckte man das Ganze mit einem nicht zu kleinen flachen Uhrglas, die konkave Seite nach unten, und ließ um den Rand dieses Uhrglases eine ammoniakartige Flüssigkeit herumfließen. Salmiakgeist lieferte kleine, fast kugelige Salmiakkriställchen, welche zitternd über der Oberfläche der Salzsäure schwebten, langsam der herrschenden Gasströmung folgten und sich schließlich irgendwo auf der Platte niederließen oder in dem Tropfen versanken und sich darin auflösten. Dimethylamin lieferte kleine Tröpfchen, welche sich ebenfalls lebhaft bewegten; besonders zweckmäßig war aber Triäthylamin, welches, gleichfalls Tröpfchen (flüssige Kristalle) erzeugend, den Vorgang wesentlich längere Zeit hindurch verfolgen ließ als die beiden andern.

[1] F. Exner, Ann. d. Phys. 2, 843, 1900.

[2] R. Zsigmondy, Zur Erkenntnis der Kolloide, Jena 1905; H. Siedentopf u. R. Zsigmondy, Ann. d. Phys. 10, 1, 1903.

bewegung zu beobachten, die so lebhaft war, daß sie Zsigmondy anfänglich für etwas ganz anderes hielt. Er schreibt: »Die kleinen Goldteilchen schweben nicht mehr, sie bewegen sich — und das mit staunenswerter Lebhaftigkeit. Wer einen Schwarm tanzender Mücken sieht im Sonnenschein, der kann sich eine Vorstellung machen von den Bewegungen der Goldteilchen im Hydrosol des Goldes. Das ist ein Hüpfen, Tanzen, Springen, ein Zusammenprallen und Voneinanderfliehen, daß man Mühe hat, sich in dem Gewirre zurechtzufinden«.

Bei konstanter Temperatur bleibt die Wimmelbewegung stets unverändert, somit muß auch die Bewegung der Moleküle immer dieselbe sein. Tatsächlich hängt sie ja nur von der Temperatur ab.



Figur 2.

Wir haben gesehen, daß die mittlere kinetische Energie aller Moleküle eines Gasgemenges dieselbe ist, auch wenn diese ganz verschiedene Natur haben, wie z. B. die Moleküle der Kohlensäure und des Wasserdampfes in der Luft. Dieser Satz der Unveränderlichkeit der Molekularenergie gilt nun, wie die Untersuchungen van t'Hoffs gezeigt haben, nicht nur für gemischte Gase, sondern auch für verdünnte flüssige Lösungen.

Man denke sich z. B. Kohlensäure in einem Zylinder mit beweglichem Kolben, welcher sich in einem luftleeren Raume

befindet (Fig. 2a), eingeschlossen. Um eine Ausdehnung, d. h. Verschiebung des Kolbens zu hindern, muß auf diesen ein Druck p ausgeübt werden, welcher gleich dem Druck der Kohlensäure ist. Würde man den Kolben plötzlich entfernen, so würde die Kohlensäure sich in den leeren Raum hinein expandieren, eben weil sich ihre Moleküle in Bewegung befinden, und weil sie dem Galileischen Trägheitsgesetz gemäß ihre geradlinige Bahn weiter fortsetzen müssen, da keine Wand mehr da ist, an welcher sie zurückprallen.

Denkt man sich nun aber den Raum, statt leer, mit Luft erfüllt, so stoßen die Kohlensäuremoleküle wohl gegen die Luftmoleküle, diese können aber die Expansion nicht hindern, da sie nicht wie der Kolben eine starre Wand darstellen, sie können sie nur verlangsamen; die Kohlensäure diffundiert in die Luft, wie man sagt, obschon sie spezifisch schwerer ist als diese. Genau dasselbe gilt, wenn wir die Luft durch Wasser ersetzen (Fig. 2b), d. h. wenn wir über kohlensäurehaltiges Wasser reines Wasser schichten. Die Kohlensäure diffundiert in letzteres, vermöge des Bewegungszustandes ihrer Moleküle und sucht gleichmäßigen (osmotischen) Druck anzunehmen wie bei Expansion ins Vakuum oder in Luft.

Würde man nun weiter in den Zylinder bis an die Grenze der Flüssigkeit einen porösen Kolben hineinschieben (Fig. 2c), dessen Poren wohl für Wasser durchlässig sind, nicht aber für Kohlensäuremoleküle, so könnte die Diffusion natürlich nicht mehr stattfinden, die Kohlensäuremoleküle würden an dem Kolben abprallen und auf diesen einen Druck ausüben von derselben Größe, wie wenn dieselbe Kohlensäuremenge in Gasform vorhanden wäre und das Wasser völlig fehlte, d. h. den durch das Gasgesetz bestimmten Druck $p = 8319 \cdot c \cdot \tau$ Dezimegadynen pro Quadratmeter, wenn τ die absolute Temperatur und c die Anzahl Kilogrammol in einem Kubikmeter (die molekulare räumliche Konzentration) bedeuten.

Das Auftreten dieses Druckes könnte man tatsächlich beobachten, wenn man eine mit Manometer versehene, nicht für Kohlensäure, wohl aber für Wasser durchlässige Blase mit kohlensäurehaltigem Wasser füllen und sie in ein großes Gefäß mit Wasser einhängen würde. Der so festgestellte Druck heißt der »osmotische Druck« der Kohlensäure.

Da nun dieser Druck derselbe ist, wie wenn das Wasser nicht vorhanden wäre[1], folgt, daß auch die kinetische Energie der gelösten Kohlensäuremoleküle dieselbe ist, d. h., daß sie ebenso gemessen wird durch das Produkt $\frac{3}{2} \cdot \frac{8319}{N} \cdot \tau$ Joule wie die der gasförmigen Moleküle, und gleiches gilt für die molekulare Energie jeder andern gelösten Substanz, mag sie für sich gasförmig, flüssig oder fest sein, wie z. B. für Alkohol, der in Wasser gelöst ist, oder, da man diese Lösung auch als eine Lösung von Wasser in Alkohol betrachten kann, auch für die Moleküle des Lösungsmittels selbst, gleichviel, ob wenig oder viel fremde Substanz darin gelöst ist, somit auch für alle reinen Flüssigkeiten. Man kann also sagen, auch für Flüssigkeiten gilt der Satz, es ist die Bewegungsenergie eines jeden Moleküls $W = \frac{3}{2} \frac{8319}{N} \cdot \tau$ Joule.

Stellt man sich eine Lösung von Zucker vor, dessen Moleküle bereits 45 Atome haben und solche Größe, daß die Lösung beim Durchgang eines hellen Lichtstrahls erleuchtet erscheint wie eine trübe Flüssigkeit[2], und die durch den elektrischen Strom wie suspendierte Stäubchen fortgeführt werden, so liegt die Vermutung nahe, derselbe Satz könnte auch dann noch gültig sein, wenn die Partikelchen, die in der Flüssigkeit schweben, noch größer wären als Zuckermoleküle; sogar für einen feinen Niederschlag von Gummigutt oder Mastix, wie er entsteht, wenn man etwas alkoholische Lösung dieser Stoff ein Wasser gießt, oder für sog. kolloidale Lösungen, z. B. Goldsol, wie es erhalten wird durch Fällung verdünnter Goldchloridlösung mit Hydrazindichlorid oder, nach **Bredig**, durch rasche Abkühlung von im elektrischen Lichtbogen erzeugtem Golddampf in sehr schwach alkalischem Wasser. Dabei bilden sich ungemein feine Goldkügelchen, die als Staub im Wasser schwebend bleiben, offenbar da die **Brown**sche Wimmelbewegung sie hindert, sich ihrem größeren spezifischen Gewichts gemäß zu Boden zu setzen.

In der Tat läßt sich die Richtigkeit obiger Vermutung, die Energie, welche die Partikelchen so annehmen, sei gleich der Energie der Moleküle, beweisen mittelst des **Maxwell**schen

---

[1] Tatsächlich ist es in Folge der Bildung eines Kohlensäurehydrats und aus andern Gründen nicht genau zutreffend.

[2] **Lobry de Bruyn**, Rec. d. trav. chim. d. P. B. **23**, 155, 1904 und A. **Coehn**, Zeitschr. f. Elektrochem. 1909 S. 652.

Gesetzes der Verteilung der Geschwindigkeiten, welches durch Gibbs, Boltzmann, Jeans, Langevin, Einstein u. a. nach dieser Richtung hin weiter ausgebaut wurde, doch nur unter Zuziehung komplizierter Rechnungen und Hypothesen. J. Perrin[1] ist es gelungen, den Nachweis direkt auf sehr einfache Weise zu erbringen, nämlich durch tatsächliche Messung der kinetischen Energie der die Brownsche Wimmelbewegung zeigenden in der Flüssigkeit suspendierten Stäubchen. Eine unmittelbare Messung der Geschwindigkeit solcher Teilchen erwies sich allerdings unmöglich, doch konnte dieselbe indirekt erschlossen werden aus der Dichte der Verteilung der Stäubchen im Gleichgewichtszustand. Füllt man z. B. eine Kapillarröhre mit einer Gummiguttemulsion, so werden allmählich die oberen Partien lichter und die alleroberstenSchichten fast ganz frei von suspendierten Teilchen, in den untersten Schichten häufen sich diese dagegen infolge der Wirkung der Schwere zu größter Dichte an, ohne aber den Boden zu erreichen, eben weil sie durch die Wimmelbewegung daran gehindert werden. Die Dichteverteilung muß, da die Ursache dieselbe ist, die gleiche werden wie die der Dichte der Luft in der Atmosphäre, die ebenfalls in den tiefsten Schichten am größten ist, derart, daß die sog. barometrische Höhenformel[2] gilt, d. h. es besteht zwischen den Konzentrationen n_0 und n in zwei Punkten aus der Niveaudifferenz h die Gleichung $2{,}302\, W \log \frac{n_0}{n} = 2 \pi a^3 (\Delta - \delta)\, g\, h$, worin W die gesuchte mittlere Teilchenenergie in Joule bedeutet, dieselben als kugelförmig angenommen, a den Kugelradius in Metern[3], Δ die Dichte der

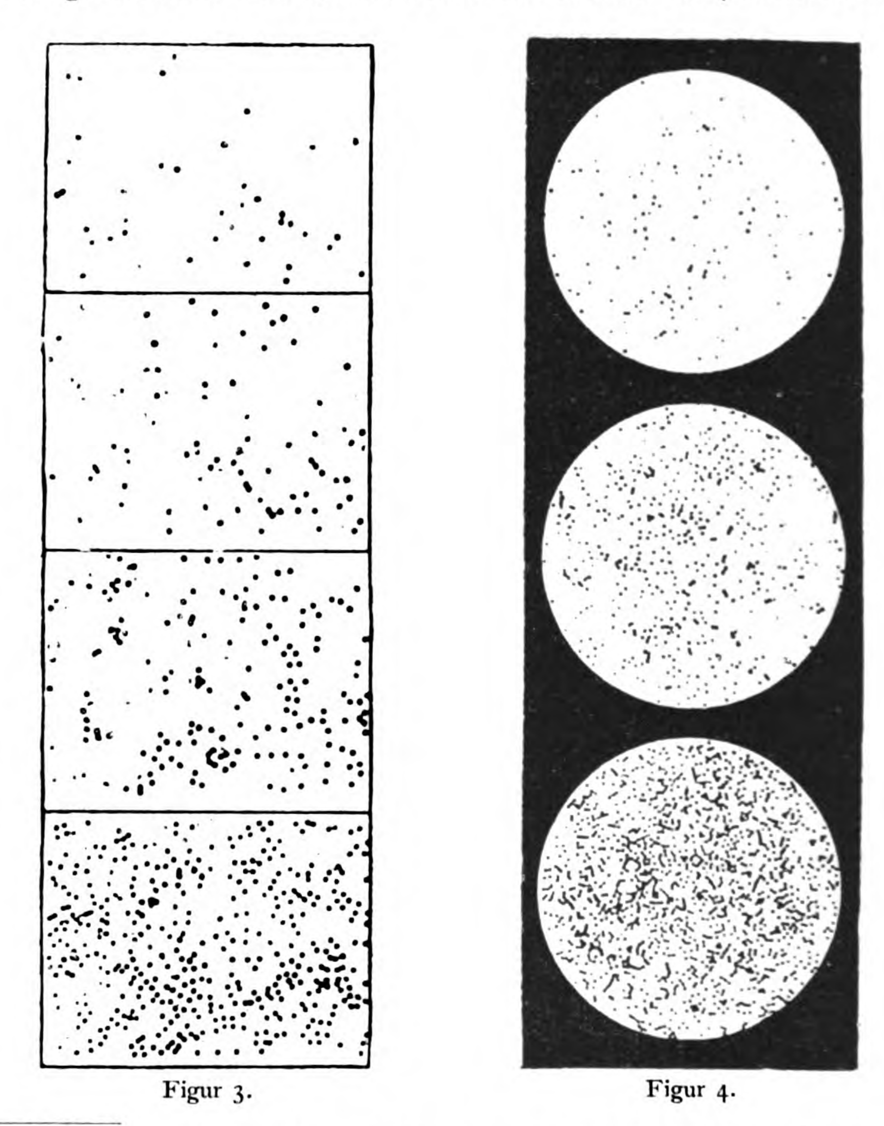
[1] J. Perrin, Kolloidchemische Beihefte **1**, 239, 1909; Phys. Z. **11**, 462, 1910; siehe ferner die Zusammenstellungen von E. Rutherford, Physik. Zeitschr. **10**, 762, 1909 und R. Pohl in d. Jahrb. d. Rad. u. Elektr. **8**, 406, 1910.

[2] Ist unten bei 0° und 760 mm Barometerstand die Luftdichte 1,29 kg pro cbm, so wird in der Höhe 1 Meter der Druck kleiner um $\frac{1{,}29}{13600} \cdot \frac{b}{0{,}760}$, wenn b der dortige Barometerstand in Metern und 13600 die Dichte des Quecksilbers in kg pro cbm ist. Steigt man nicht 1 Meter, sondern nur dh Meter höher, so ändert sich der Barometerstand entsprechend um $db = -\frac{1{,}29}{13600} \cdot \frac{b \cdot dh}{0{,}760}$, also ist $dh = -\frac{13600 \cdot 0{,}760}{1{,}29} \cdot \frac{db}{b} = -800 \cdot \frac{db}{b}$ und $h = 8000\, ln \frac{b_0}{b_1} = 18400 (\log \cdot b_0 - \log b_1)$.

[3] Kügelchen von gleichmäßiger Größe wurden durch fraktioniertes Zentrifugieren erhalten. Um sie abzählen zu können, wurde der Lösung etwas Salzsäure beigefügt, welche bewirkt, daß sie nach kurzer Zeit gegen das Glas hingetrieben (ausgeschieden) werden und dort in gleicher Dichte anhaften. Der Kugelradius ließ sich mittelst des Stokesschen Gesetzes ermitteln, gemäß welchem die Reibungskraft, die sich der Be-

Kügelchen in kg pro cbm und δ die der Flüssigkeit, in welcher sie suspendiert sind, g die Fallbeschleunigung in m/sec^2.

Die Fig. 3 zeigt die Verteilung des Gleichgewichts von Gummigutteilchen von 0,0006 mm Durchmesser in 4 übereinander-



Figur 3. Figur 4.

---

wegung einer Kugel in einer Flüssigkeit entgegenstellt, in jedem Augenblick gegeben ist durch $6\pi\zeta a v$, wenn ζ die Zähigkeit der Flüssigkeit in Dezimegadynen × Sek. pro qm, a der Kugelhalbmesser in Metern und v die Geschwindigkeit der Kugel in m/sec ist. Für eine mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fallende Kugel muß diese gleich dem scheinbaren Gewichte der Kugel in der Flüssigkeit sein, d. h. man hat $6\pi\zeta a v = \frac{4}{3}\pi a 3 \, (\Delta - \delta) \, g$ Dezimegadynen, woraus sich nach Messung der Geschwindigkeit v der Kugelradius a berechnen läßt. Übrigens ließ er sich auch direkt messen, insbesondere wenn sich solche Kügelchen unmittelbar zu Fäden aneinander gereiht hatten, durch Abzählen der Teilchen, auf der ganzen Fadenlänge.

liegenden um je 0,01 mm voneinander abstehenden Niveaus, Fig. 4 die Gleichgewichtsverteilung in einer Mastixemulsion mit Körnchen von 0,001 mm Durchmesser in 3 um je 0,012 mm voneinander abstehenden Niveaus.

Tatsächlich ergab sich auf solche Weise berechnet W stets, unabhängig von der Größe der Teilchen, gleich der molekularen Energie der Gase und Flüssigkeiten, also $W = \frac{3}{2} \frac{8319}{N} \cdot \tau$, woraus folgt $N = \frac{3}{2} \frac{8319}{W} \tau$, d. h. man ist überraschenderweise durch Beobachtungen an Emulsionen imstande, die Avogadrosche Zahl, die Anzahl von Molekülen in einem Kilogrammol eines Gases zu bestimmen, mit dem Vorbehalt natürlich, daß die gemachten Annahmen zutreffend sind. Man findet (nach Perrin): $N = 705 \cdot 10^{24}$.

Hieraus ergibt sich die Anzahl von Molekülen in einem Kilogramm $= \frac{N}{M} = \frac{705 \cdot 10^{24}}{M}$, d. h. wenn es überhaupt Moleküle gibt, muß 1 Kilogramm eines Stoffes von Molekulargewicht M aus $705/M$ Quadrillionen Molekülen bestehen.

Die Zahl der Moleküle in einem Kubikmeter bei 0° und 760 mm Druck (die Loschmidtsche Zahl) erhält man durch Division mit 22,4, d. h. dem Volumen von 1 kg-Mol in cbm. Sie ist $= 31{,}5 \cdot 10^{24}$. Ebensogroß ist die Zahl der Moleküle eines gelösten Stoffs in verdünnter Lösung in jedem Kubikmeter, falls die Temperatur 273° K[1] ist und der osmotische Druck 101 365 Dezimegadynen pro qm beträgt.

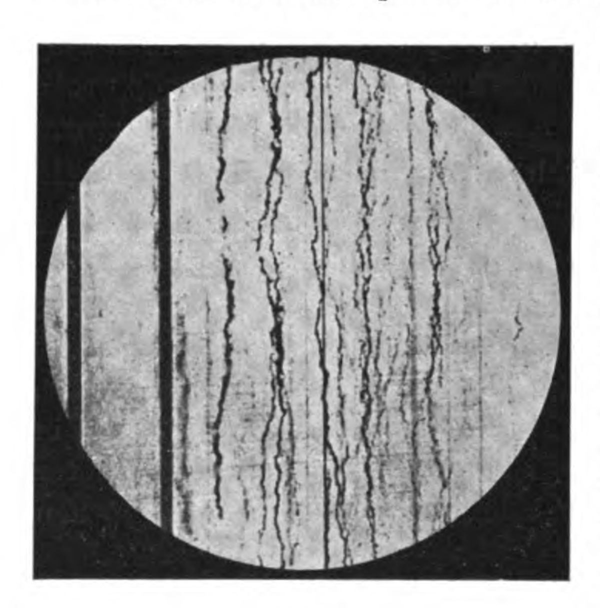
Beispielsweise sind in 1 kg Wasserstoff, da das Molekulargewicht 2 ist, $352 \cdot 10^{24}$ Moleküle enthalten. 1 Molekül Wasserstoff wiegt also $1{,}43 \cdot 10^{-27}$ kg, 1 Molekül Sauerstoff, welches 16 mal schwerer ist, wiegt $22{,}7 \cdot 10^{-27}$ kg.

Die mittlere kinetische Energie eines Moleküls bei 0° C ist $\frac{3}{2} \cdot \frac{8319 \cdot 273}{703 \cdot 10^{24}} = 0{,}48 \cdot 10^{-20}$ Joule gleichgültig, ob der Stoff sich im Gaszustand befindet, oder in einer großen Menge Flüssigkeit gelöst ist. Die suspendierten Kügelchen einer Gummiguttemulsion von 0,0002 mm Durchmesser repräsentieren einen Stoff, dessen Molekulargewicht 20 Millionen beträgt, denn ist das aus dem Kugelradius a und der Dichte d zu bestimmende Gewicht eines Teilchens $= m$, so muß sein: $705 \cdot 10^{24}/M = 1$ kg also $M = 705 \cdot 10^{24} \cdot m$.

[1] K (nach Kelvin) bedeutet nach absoluter Skala, C nach Celsius.

III. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Brownschen Bewegung.

Eine Prüfung der Richtigkeit der dargelegten Rechnungen ist möglich durch Abmessung der Ortsveränderung der Körnchen, insofern sich dieselbe wie Einstein[1] und auf anderem Wege v. Smoluchowski[2] und Langevin[3] gezeigt haben, voraus berechnen läßt. Die Fixierung der Lage der einzelnen Teilchen in einem bestimmten Moment ist möglich auf photographischem Wege mit Hilfe des Ultramikroskops. Solche Versuche sind zuerst publiziert worden von Seddig[4]. Figur 5 (Phys. Z. X, Taf. XIII) zeigt eine Momentaufnahme auf fallender Platte von H. Siedentopf[5]. V. Henri[6] gelang es, kinematographische Aufnahmen der Bewegung von kleinen Kautschukkügelchen (Durchmesser 0,001 mm) zu machen; de Broglie[7] photographierte die Bewegungen von durch Adsorption von Wasser vergrößerten Rauchteilchen in einem strömenden Gase. Sehr eingehende Studien bei kolloidalen Metallösungen machte The Svedberg[8]. Fig. 6 gibt nach Perrin[9], welchem es gelang ohne Photographie exaktere Resultate zu erhalten, drei Zeichnungen,



Figur 5.

---

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 549, 1905 u. **19**, 37, 1906.

[2] M. v. Smoluchowski, Ann. d. Phys. **21**, 756, 1906.

[3] Langevin, Compt. rend. **146**, 350, 1908.

[4] Seddig, Phys. Zeitschr. **9**, 465, 1908.

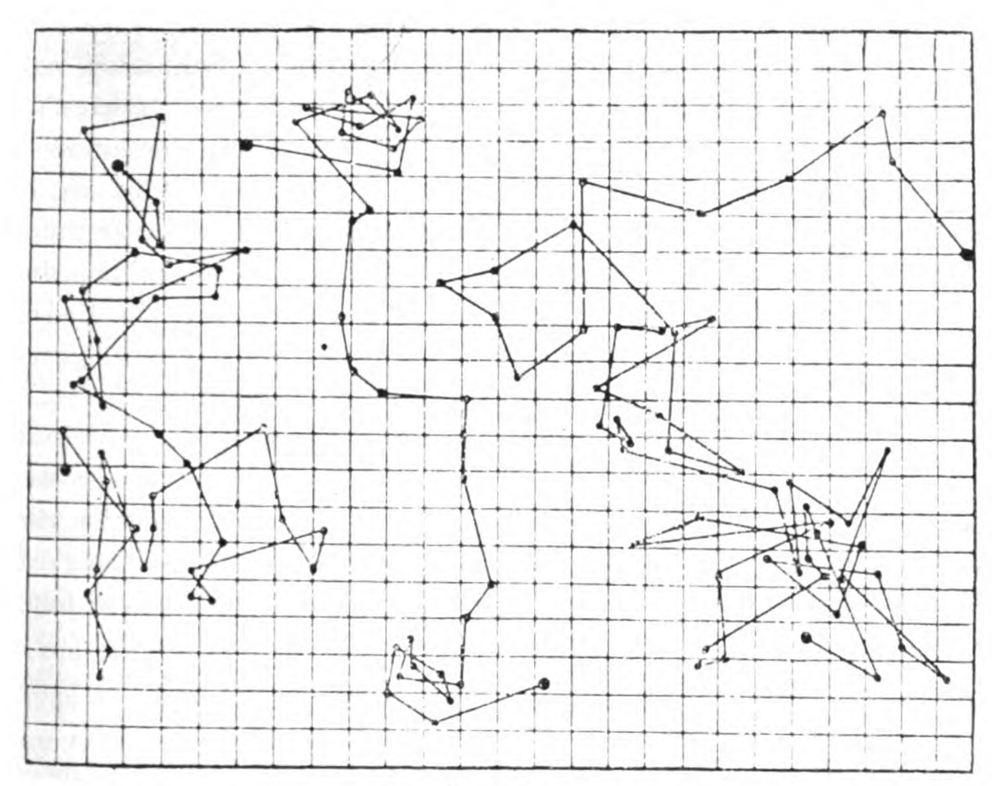
[5] H. Siedentopf, Phys. Zeitsch. **10**, 778, Taf. XIV, 1909.

[6] V. Henri, Compt. rend. **146**, 18. Mai und 6. Juli 1908.

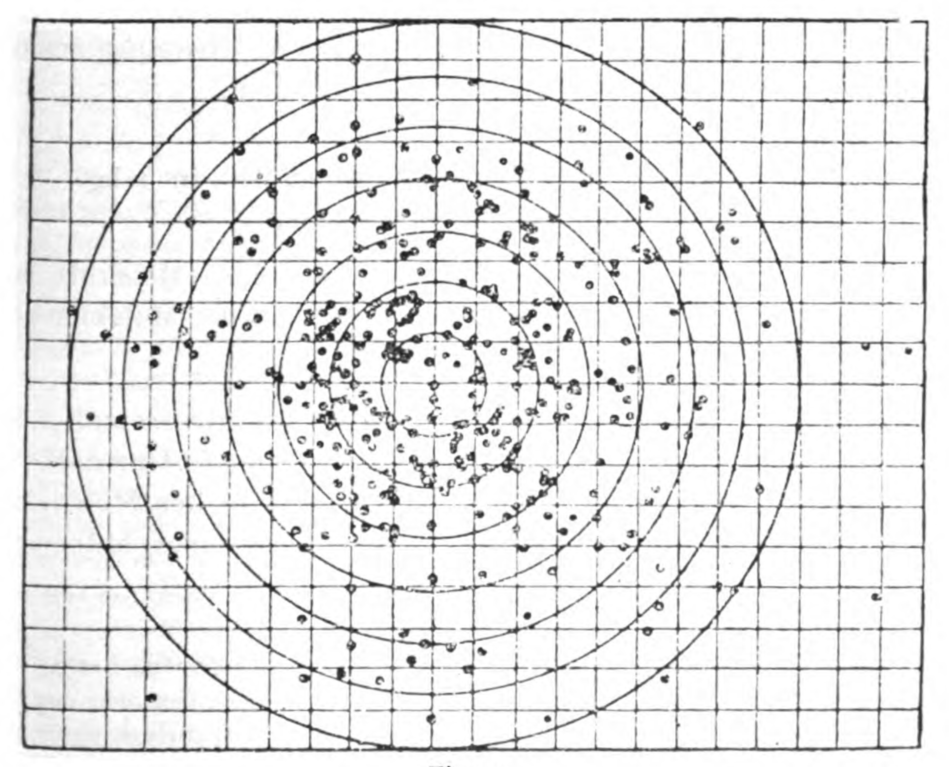
[7] de Broglie, Compt. rend. **146**, 1010, 1908; **148**, 1163, 1315, 1909.

[8] The Svedberg, Kolloidzeitschr. **7**, 1, 1910; Die Existenz der Moleküle, Leipzig, Akad. Verlagsg. 1912, 123.

[9] J. Perrin, Kolloidchem. Beihefte **1**, 276, 1909; Phys. Zeitschr. **11**, 469 Fig. 3, 1910.



Figur 6.



Figur 7.

welche erhalten wurden durch das Eintragen der Orte (nicht der Bahnen) der Teilchen in Intervallen von je 30 Sekunden und Verbinden der Punkte durch gerade Linien. Letztere geben also keineswegs die wirklichen Wege der Teilchen an, sondern messen nur die Ortsveränderungen in den genannten Zeiten. In Fig. 7 sind die Ortsänderungen (in der richtigen Richtung) vom Zentrum aus abgetragen. Augenscheinlich entspricht die Verteilung der Orte ganz dem Maxwellschen Verteilungsgesetz, d. h. die Enden der so erhaltenen Vektoren verteilen sich um den Ursprung wie die Treffer auf einer Zielscheibe um ihren Mittelpunkt.

Wie bemerkt lassen sich diese Ortsveränderungen auf zwei verschiedenen Wegen theoretisch ableiten; das Ergebnis ist das gleiche. Nennt man ξ^2 das mittlere Quadrat der Projektion der Verschiebung auf eine Koordinatenachse Ox und ζ die Zähigkeit der Flüssigkeit (wie oben bei dem Gesetz von Stokes), so folgt $N = \frac{t \cdot 8319 \cdot \tau}{\xi^2 \cdot 3 \pi a \zeta}$, wenn t die Zeitdauer in Sekunden ist, τ die absolute Temperatur, N die Avogadrosche Zahl und a der Kugelradius in Metern. Ist α die mittlere Rotation eines Teilchens um eine Achse in Radianten in der Zeit τ, so ergibt sich $N = \frac{t \cdot 8319 \cdot \tau}{\alpha^2 \cdot 4 \pi \zeta a^3}$. Beide Formeln ergaben nach Perrin Werte von N somit auch der Zahl N/M der Moleküle in 1 kg in guter Übereinstimmung mit den nach der früheren Methode gefundenen.

IV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Molekularvolumen.

Bezeichnet man mit a den Durchmesser eines Moleküls, mit l die mittlere freie Weglänge und mit n die Zahl der Moleküle pro cbm, so ist nach Loschmidt[1] $n a^2 = \frac{1}{\pi \sqrt{2}\, l}$, ferner $\mu = l \cdot \varrho \cdot \frac{12}{13} \cdot \frac{c}{\pi}$, wenn μ die innere Reibung[2], ϱ die Dichte des Gases und c die mittlere Geschwindigkeit seiner Moleküle bedeuten[3]. Durch Kombination beider Gleichungen erhält man Werte für den Moleculardurchmesser a, welche zwischen 2 und 7 Zehntel eines Millionstel

[1] Loschmidt, Wien. Sitzb. **52**, 2, 395, 1865. E. Dorn, Wied. Ann. **13**, 380, 1881; H. Sirk, Ann. d. Phys. **25**, 897, 1908.

[2] Siehe O. E. Meyer, Kinetische Theorie der Gase, 2. Aufl. 1899 S. 293. Die mittlere Weglänge l kann auch (weniger genau) aus der Wärmeleitung oder aus der Radiometerwirkung (s. P. Debye, Phys. Zeitschr. **11**, 1115, 1260, 1910) abgeleitet werden.

[3] Für Quecksilber beispielsweise findet sich hieraus (nach Perrin) $l = 0{,}00021$ mm.

Millimeter liegen[1]. Umgekehrt kann man aus der Gleichung aber den Wert von n ermitteln. Da nämlich bei Abkühlung bis in die Nähe des absoluten Nullpunkts[2] die Moleküle selbstverständlich nicht näher aneinander gedrängt sein können, als es Kugeln in einem Haufen von Kugeln sind, so muß sich aus der Dichte des Stoffes die Avogadrosche Zahl wenigstens der Größenordnung nach berechnen lassen. Das ist in der Tat der Fall. Ist d die Dichte des Stoffs in der Nähe des absoluten Nullpunkts in kg pro cbm, so ist das Volumen von 1 kg-Mol, d. h. von M Kilogrammen, wenn M das Molekulargewicht[3] bedeutet, $= M/d$. In diesem Volumen befinden sich nun N Moleküle, wenn N die Avogadrosche Zahl ist. Jedem kommt ein würfelförmiger Raum von a^3 Kubikmeter zu, wenn der Molekulardurchmesser a Meter beträgt[4]; somit muß sein: $N \cdot a^3 = M/d$, oder $N = M/a^3 \cdot d$. Beispielsweise findet sich so für Quecksilber (nach Perrin) $N = 450 \cdot 10^{24}$, also wieder ein ähnlicher Wert für die Molekülzahl N/M pro kg, wie nach den andern Methoden.

V. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Diffusionskonstanten.

Die Geschwindigkeit der Diffusion bei Lösungsvorgängen muß sich in Übereinstimmung befinden mit der Geschwindigkeit

---

[1] Für Quecksilber beispielsweise findet Perrin $0{,}28 \cdot 10^{-6}$ mm.

[2] Z. B. von Helium, (Siedepunkt $4{,}26°$ K nach Kammerlingh-Onnes, Beibl. 36, 1232, 1912), dessen Molekulardurchmesser $= 0{,}17 \cdot 10^{-6}$ ist. Nach Kammerlingh-Onnes und W. H. Keesom, Enzykl. Math. Wiss. **5** (10), 682, 1912 ist die absolute Temperatur von unter 0,2 mm Druck verdampfendem flüssigem Helium $1{,}15°$ K.

[3] Nach R. Eötvös, Wied. Ann. **27**, 452, 1886, läßt sich das Molekulargewicht bei Flüssigkeiten aus dem Temperaturkoeffizienten der Oberflächenspannung bestimmen, welcher z. B. durch Messung der Steighöhe in einer Kapillare leicht ermittelt werden kann. Ist diese h Meter, die Dichte der Flüssigkeit s kg pro cbm und der Querschnittradius r Meter, so findet sich die Oberflächenspannung $\gamma = \frac{1}{2} r h s \cdot 9{,}81$ Dezimegadynen pro Meter. Ist nun M das Molekulargewicht, v das spezifische Volumen der Flüssigkeit in cbm pro kg, so ist das Volumen von 1 kg-Mol $M \cdot v$ cbm, dessen Oberfläche also proportional $(M \cdot v)^{\frac{2}{3}}$, somit die Oberflächenenergie von 1 kg-Mol proportional zu $\gamma\,(M v)^{\frac{2}{3}}$, denn γ ist auch die Arbeit um 1 qm Oberfläche zu bilden, gemessen in Joule. Nach Eötvös ändert sich diese »molekulare Oberflächenenergie« bei Flüssigkeiten, die chemisch beständig sind, nach einem dem Gasgesetz $\frac{p\,M \cdot v}{\tau} = 8319$ (wenn v das Volumen von 1 kg und p der Druck in Dezimegadynen pro qm) ähnlichem Gesetz: $\gamma \cdot M \cdot o = K \cdot \tau$, worin o die Oberfläche und K eine von der Natur der Flüssigkeit unabhängige Konstante bedeutet, oder $\gamma\,(M \cdot v)^{\frac{2}{3}} = K \cdot \tau$.

[4] Für Helium beispielsweise ist $a = 0{,}17 \cdot 10^{-6}$ (nach Perrin).

der Diffusion von Emulsionen, da in beiden Fällen die Ursache die Molekularbewegung ist. Denkt man sich in einer diffundierenden Lösung ein kleines zylindrisches Rohr, dessen Achse mit der Diffusionsrichtung zusammenfällt, so ist nach dem Fickschen Gesetz die in der kleinen Zeit dt Sekunden durch den Querschnitt q Quadratmeter gewanderte Zahl Kilogramme der betr. Substanz dS dem Konzentrationsgefälle $\frac{dc}{dx}$, der Zeit dt und der Fläche q proportional, also, wenn man den Proportionalitätsfaktor, den sog. Diffusionskoeffizienten mit D bezeichnet:

$$dS = -Dq\frac{dc}{dx}dt \text{ Kilogramm.}$$

Der Diffusionskoeffizient läßt sich nun nach Nernst berechnen auf Grund der Überlegung, daß die treibende Kraft K bei der Diffusion eine Wirkung desselben Druckes p ist, den wir oben osmotischen Druck genannt hatten, der sich bestimmt durch das Gasgesetz

$$p = 8319 \cdot \tau \cdot c \text{ Dezimegadynen pro qm,}$$

so daß

$$K = -8319 \cdot \tau \cdot \frac{dc}{dx} \text{ Dezimegadynen pro qm.}$$

Ist nun der Widerstand des Lösungsmittels auf jedes Molekül der gelösten Substanz bei der Geschwindigkeit 1 Meter pro Sekunde, f Dezimegadynen pro qm, also auf 1 Kilogrammol (= N Moleküle) = $N \cdot f$, so wird er bei der Konzentration c gleich Nfc und bei der Geschwindigkeit v gleich $Nfcv$. Da die Geschwindigkeit konstant bleibt, muß dieser Widerstand wie bei jedem unter Reibung sich konstant bewegenden Körper gleich der treibenden Kraft sein, d. h.

$$Nfcv = -8319 \cdot \tau \cdot \frac{dc}{dx},$$

woraus unter Berücksichtigung, daß die aus dem Volumen $v \cdot q \cdot dt$ und der Konzentration c bestimmte Masse $vcqdt = dS$ ist, folgt:

$$dS = -\frac{8319 \cdot \tau \cdot q}{Nf}\frac{dc}{dx} \cdot dt,$$

also in Verbindung mit dem Diffusionsgesetz:

$$D = \frac{8319 \cdot \tau}{N \cdot f}.$$

Für eine Emulsion läßt sich f nach dem Stokesschen Gesetz, für den Fall der Bewegung einer Kugel vom Radius a Meter in einer Flüssigkeit mit der Viskosität ζ berechnen[1]. Es ist $f = 6\pi\zeta a$ Dezimegadynen pro Quadratmeter. Durch Messung des Diffusionskoeffizienten bei Emulsionen kann man somit umgekehrt die Avogadrosche Zahl, d. h. die Anzahl Moleküle in einem Kilogrammol finden, denn es wird $N = \frac{8319 \cdot \tau}{D \cdot 6\pi\zeta a}$. Messungen von The Svedberg bei kolloidalen Goldlösungen ergaben so den Wert

$$N = 580 \cdot 10^{24}$$

in bester Übereinstimmung mit dem aus der kinetischen Gastheorie und aus der Dichte abgeleiteten Wert. Für Zuckerlösungen fand Einstein[2] den Wert $400 \cdot 10^{24}$ unter der Voraussetzung, daß das Stokessche Gesetz auch noch für Kugeln von der Größe einzelner Moleküle gilt, was wahrscheinlich nicht genau zutrifft. Auch nach diesem Verfahren findet sich also ein Wert für N/M d. h. die Zahl der Moleküle pro kg von ähnlicher Größe wie nach den vorher besprochenen Methoden.

VI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Zustandsgleichung.

Bei Ableitung des Gasgesetzes wurde angenommen, die Moleküle übten keine Kräfte aufeinander aus. Bei Flüssigkeiten, die eine sehr erhebliche Kohäsion aufweisen, ist dies aber zweifellos nicht der Fall, was schon dadurch zum Ausdruck kommt, daß das Gasgesetz in der Nähe der kritischen Temperatur nicht mehr gilt, sondern (nach van der Waals) geschrieben werden muß:

$$p + \frac{a}{v^2} = 8319 \cdot \frac{1}{v - b} \cdot \tau$$

Der Gasdruck erscheint somit um den Betrag von a/v^2 (eine bei konstantem Volumen konstante Größe) vermindert, was nach der Identitätstheorie der Aggregatzustände von van der Waals (Kontinuitätstheorie) seinen Grund darin haben soll, daß zu dem

[1] Vgl. Sutherland, Phil. Mag. **9**, 781, 1905; A. Einstein, Ann. d. Phys. **21**, 756, 1906; v. Smoluchowski, Ann. d. Phys. **21**, 756, 1906; Langevin, Compt. rend. **146**, 530, 1908; The Svedberg, Die Existenz der Moleküle, Leipzig 1912.

[2] A. Einstein, Anm. d. Phys. **19**, 289, 1906.

äußeren Drucke sich noch der durch die gegenseitige Attraktion der Moleküle bedingte Binnendruck $\frac{a}{v^2}$ addiert, während nach meiner Ansicht die Druckänderung, mindestens zum Teil, auch auf Änderung der Moleküle selbst beruhen muß, da nach anderweitigen Untersuchungen die Moleküle der flüssigen Modifikation nicht identisch sind mit denjenigen der gasförmigen[1], so daß wenn eine solche Umwandlung in anders geartete Moleküle nicht stattfinden würde, weder eine kritische Temperatur noch eine Verflüssigung des Gases zu beobachten wäre. Sieht man indes hiervon ab, so ließe sich aus der van der Waalsschen Formel wieder in ganz anderer Weise ein Wert für die Avogadrosche Zahl N gewinnen, da sie das Gesamtvolumen der Moleküle, welches oben aus der Dichte beim absoluten Nullpunkt abgeleitet wurde, auf andere Art zu berechnen gestattete. Man kann sich nämlich vorstellen, daß der für die Bewegung der Moleküle zur Verfügung stehende Raum bereits merklich durch das Volumen der Moleküle selbst beeinträchtigt erscheint, so daß letzteres in Abzug gebracht werden muß. Statt v enthält nun

[1] Bei Abnahme des Volumens sollte der Binnendruck größer werden, die Molekularkräfte verhalten sich aber, wie das Elastizitätsgesetz lehrt, gerade umgekehrt, sie wachsen bei Vergrößerung des Abstandes der Moleküle. Dies schien mir bedenklich (siehe Ann. d. Phys. **22**, 469, 1907 und »Die neue Welt d. flüssigen Kristalle« S. 95 Anmerk. 1 u. S. 101 Anmerk. 1). Wie J. D. van der Waals, Nobelvortrag am 12. Dez. 1910 S. 9, neuerdings mitteilt, hat ihn auch bereits L. Boltzmann darauf aufmerksam gemacht, daß die nur bei großer Annäherung der Moleküle im Moment des Zusammenstoßes sich geltend machende Attraktionskraft nicht durch einen Binnendruck ersetzt gedacht werden könne. Durch Versuche, die Zustandsgleichung mit den Tatsachen in Übereinstimmung zu bringen, ist dann van der Waals zu dem Ergebnis gekommen, es gebe hierzu nur ein Mittel, die Annahme einer »Scheinassoziation« der Moleküle, d. h. einer Polymerisierung, welche keine eigentlich chemische, dem Avogadroschen Gesetz entsprechende, sondern eine physikalische Aneinanderlagerung der Moleküle (sog. Molekülverbindung) ist. Das ist aber genau dieselbe Annahme, zu welcher ich (zu gleicher Zeit, als van der Waals seine, die bisherige Identitätstheorie der Aggregatzustände mathematisch formulierende Zustandsgleichung aufstellte), durch meine Untersuchungen über »physikalische Isomerie« (Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 122, 1877, Dissert. 1876) gelangt war, mit dem einzigen Unterschied, daß ich die Molekülgruppen als Flüssigkeitsmoleküle auffaßte. Siehe auch O. Lehmann, Zeitschr. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910; J. D. van der Waals, Beibl. **34**, 1246, 1910; **35**, 919, 1910; J. J. van Laar, ebenda **36**, 1150, 1912. H. Kammerlingh-Onnes und W. H. Keesom, Die Zustandsgleichung, Enzykl. Math. Wiss. **5** (10), 687, 1912; van Rij, Scheinassociation, Diss. Amsterdam 1908, S. 85; und Jäger in Winkelmanns Handb. d. Phys. III, 2. Aufl. Leipzig 1906, S. 711.

die Formel $v - b$, also muß b dem Gesamtvolumen der Moleküle entsprechen[1]. Man hat so für Sauerstoff gefunden

$$N = 450 \cdot 10^{24}$$

also auch die Molekülzahl N/M pro kg wieder in guter Übereinstimmung mit den andern Werten, obschon die Sauerstoffmoleküle jedenfalls nicht kugelförmig sind, wie bei der Berechnung angenommen wurde. Perrin findet für Argon, bei dem die Annahme eher zutreffen dürfte, da es ein einatmiges Gas ist,

$$N = 620 \cdot 10^{24}$$

welcher Wert wesentlich besser dem bei Emulsionen gefundenen entspricht.

Übrigens machen sich anscheinend bei konzentrierteren Emulsionen Abstoßungskräfte zwischen den Partikelchen geltend, so daß auch hier das einfache Gasgesetz nicht mehr zutreffend erscheint. The Svedberg[2] fand aber, daß die Abweichungen davon mit abnehmender Teilchengröße immer kleiner werden. Bei größeren Kügelchen spielen sicherlich auch hydrodynamische Fernkräfte in dem flüssigen Medium eine Rolle[3], ferner ist nicht wahrscheinlich, daß sich Mastix- und Kautschukkügelchen, d. h. Aggregate von Molekülen, welche doch sicher nicht vollkommen elastisch sind, beim Zusammenstoß mit den Molekülen wie die vollkommen elastischen Moleküle verhalten sollen.

VII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Blau des Himmels.

Man kann sagen, ein großer Unterschied zwischen Suspensionen, Emulsionen und kolloidalen Lösungen einerseits und reinen Gasen

[1] J. D. van der Waals sagt selbst a. a. O. S. 3: »Zu meinem Erstaunen erkannte ich, daß die Größe, um welche das Volumen vermindert werden muß, veränderlich ist. Daß in äußerst verdünntem Zustand diese Größe, welche ich b genannt habe, das vierfache des Molekularvolumens ist, daß aber mit dem Kleinerwerden des äußeren Volumens diese Größe abnimmt und allmählich etwa auf die Hälfte sinkt.« Siehe ferner: Ph. Guye, Arch. sc. phys. nat. Genève **23**, 200, 1898; **9**, 528, 1900 u. H. Sirk, Ann. d. Phys. **25**, 894, 1908. G. Tammann, (Ann. d. Phys. **37**, 975, 1912) hat nachgewiesen, daß für den flüssigen Zustand die Zustandsgleichung gar nicht mehr paßt. Der sog. Binnendruck a/v^2 wird hier vom Volumen unabhängig und die Konstante für 1 kg-Mol, welche für alle Gase 8319 ist, ist durchaus nicht mehr unabhängig von der Natur der Substanz, sie hat für jede Flüssigkeit einen andern Wert.

[2] The Svedberg, Die Existenz der Moleküle, Leipzig 1912, S. 169 und 201.

[3] Siehe v. Smoluchowski, Phys. Zeitschr. **13**, 1073, 1912.

und Flüssigkeiten andererseits bestehe darin, daß erstere trüb seien, mindestens einen durchgehenden Lichtstrahl zerstreuen (Tyndalleffekt zeigen), sowie daß sie das Licht polarisieren und zwar senkrecht zu der durch den einfallenden Strahl und das Auge des Beobachters gehenden Ebene, d. h. so, daß dies die Richtung der magnetischen Kräfte ist.

Schon bei Mastixniederschlägen in Wasser kann man aber beobachten, daß mit zunehmender Feinheit der Körnchen die Lösung immer durchsichtiger wird, allerdings nicht für alle Farben gleichmäßig, sondern so, daß bei Anwendung von weißem Licht der durchgehende Strahl mehr rötlich, das diffus zurückgeworfene Licht mehr bläulich ist, eine Erscheinung, mit deren Untersuchung sich schon Goethe beschäftigt hat.

Ein besonders auffälliges Beispiel ist ferner das vollkommen durchsichtige Goldrubinglas, dessen rote Farbe, wie sich beim Betrachten unter dem Ultramikroskop ergibt, lediglich durch feine in der farblosen Grundmasse gleichmäßig verteilte Goldpartikelchen verursacht wird, ebenso wie die von kolloidalen Goldlösungen, wie solche durch Fällen des Goldes aus Goldchloridlösungen durch Hydrazindichlorid oder durch Zerstäuben des Goldes in Wasser vermittelst des elektrischen Lichtbogens erhalten werden können.

Eingehende theoretische Untersuchungen hierüber haben (im Anschluß an ältere Arbeiten von Rayleigh[1]) L. Lorenz und J. C. Maxwell-Garnett, G. Mie[2] und R. Gans[3] ausgeführt.

Schon unendlich feine Trübungen durch Goldpartikelchen zeigen eine charakteristische Absorption des grünen Lichts, die nur von der Menge des suspendierten Metalls (der Konzentration) abhängt, nicht aber von dem Feinheitsgrad der Verteilung. Zusammenhängende Goldmassen (Blattgold) lassen dagegen vorwiegend blaugrünes Licht durch[4]. The Svedberg hat näher untersucht, ob schließlich bei äußerster Feinheit der Teilchen die

---

[1] Siehe Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekulardynamik usw. Deutsch von Weichstein, Teubner 1909 S. 248 u. ff.

[2] G. Mie, Ann. d. Phys. **25**, 377, 1908.

[3] R. Gans, Ann. d. Phys. **37**, 881, 1912. Vergl. ferner W. Steubing, Dissert. Greifswald 1908, H. Robitschek, Wien. Sitzb. **121** IIa, 1197, 1912 und C. Benedicks Arch. mat. astr. fys. **8**, Nr. 7 Taf. **2**, 1912.

[4] Vgl. E. Hagen u. H. Rubens, Ann. d. Phys. **8**, 449, 1912.

Absorptionskurve sich derjenigen nähert, welche bei molekularer oder chemischer Lösung beobachtet wird. Tatsächlich fand er dies zutreffend; es ließ sich ein vollkommener Übergang von kolloidalen zu kristalloiden Lösungen feststellen. Bei Gold konnte wegen mangelnder Löslichkeit der Beweis allerdings nur unvollkommen geführt werden, sehr gut dagegen bei organischen Farbstoffen[1].

Während manche kolloidale Lösungen völlig klar erscheinen, können umgekehrt kristalloide d. h. molekulare Lösungen bei intensiver Beleuchtung eine Art Trübung, den sog. Tyndalleffekt zeigen, z. B. Zuckerlösung, wie schon oben erwähnt wurde. Nach Rayleigh[2] erklärt sich sogar die blaue Farbe des Himmelslichtes in gleicher Weise durch Zerstreuung des Sonnenlichts an den Luftmolekülen, und tatsächlich ist das so zerstreute blaue Himmelslicht senkrecht zur Ebene, welche durch den einfallenden Lichtstrahl und das Auge des Beobachters geht, polarisiert. Die blaue Farbe ändert sich nur wenig, wenn man in völlig staubfreie Regionen, z. B. in Höhen von 3000 m emporsteigt; woraus folgt, daß nicht etwa Staubteilchen die Ursache der Lichtzerstreuung sein können.

Wird der Himmel in einer Richtung betrachtet, welche mit der Vertikalen einen Winkel φ und mit den Sonnenstrahlen einen Winkel β bildet, so sind die Lichtstärken e und E, welche man im Brennpunkt eines abwechselnd auf diese Himmelsrichtung und auf die Sonne eingestellten Objektivs erhält, bestimmt durch die Gleichung

$$N = \left(9\,\pi^3\,\omega^2\,\frac{1+\cos^2\beta}{2\cos\varphi}\right)\frac{p\cdot R\cdot E}{M\cdot g\cdot\lambda^4\cdot e}\,,$$

wobei ω den halben Durchmesser der Sonne, p den Luftdruck am Orte der Beobachtung, g die Fallbeschleunigung, M das Molekulargewicht, R das molekulare Brechungsvermögen der Luft $\left(=\frac{M}{d}\,\frac{n^2-1}{n^2+2}\right.$, falls d die Dichte und n der Brechungsquotient)

[1] The Svedberg, Die Existenz der Moleküle 1912 S. 29.

[2] Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) **47**, 375, 1899; Lord Kelvin, Phil. Mag. (6) **4**, 281, 1912. Ist J_0 die ursprüngliche Intensität des Lichtes, J diejenige nach Durchlaufen der Strecke x, bedeutet ferner Δ das Volumen der Moleküle in 1 ccm Luft im Normalzustand und 22400 das Volumen von 1 g-Mol, so ist $J = J_0 \cdot e^{-h\,x}$, worin $h = \frac{24\,\pi^3}{\lambda^4}\cdot\frac{\Delta^2}{N}\cdot 22400$. Von Langevin wurde diese Formel auch aus der elektromagnetischen Lichttheorie abgeleitet.

und N die Avogadrosche Zahl bedeutet. Es folgt daraus, wenn die Avogadrosche Zahl als bekannt vorausgesetzt wird, daß das äußerste sichtbare Violett des Spektrums eine ungefähr 16 mal stärkere Zerstreuung erleidet als das äußerste Rot, was die wirkliche blaue Farbe des Himmels gut erklärt. Umgekehrt ist es natürlich möglich durch spektrophotometrische Untersuchung des blauen Himmelslichts die Avogadrosche Zahl zu bestimmen. Aus Beobachtungen von Sella, welcher auf dem Monte Rosa[1] gleichzeitig die Helligkeit des Himmels im Zenith und 40° über dem Horizont bestimmt hat, kann man nach Perrin (a. a. O. 289) schließen, daß die Zahl der Moleküle pro Kilogrammol zwischen $300 \cdot 10^{24}$ u. $1500 \cdot 10^{24}$ liegen muß, somit auch die so bestimmte Zahl N/M der Moleküle pro kg mit den früher gefundenen Zahlen übereinstimmt. Genauere Untersuchungen mittelst des Spektrophotometers[2] sind (brieflicher Mitteilung zufolge) im Gange, doch zurzeit noch nicht abgeschlossen.

VIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Dielektrizitätskonstanten.

Auf eine wieder von allen bisher beschriebenen verschiedene Methode finden wir den Wert der Avogadroschen Zahl, indem wir ein Gas oder eine isolierende Flüssigkeit in ein elektrisches Feld bringen. Wird dieses z. B. von zwei parallelen entgegengesetzt elektrischen Metallplatten erzeugt, so ist die Ladung des von denselben gebildeten Kondensators, wenn der Raum zwischen den Platten vollkommen leer ist: $C = \frac{F}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \pi \delta}$ Farad, wenn F die Flächengröße der Platten in Quadratmetern und δ ihr Abstand in Metern ist. Bringt man ein Gas oder eine isolierende Flüssigkeit zwischen die Platten, so wird die Kapazität η mal größer, wenn η die Dielektrizitätskonstante ist. Als Ursache kann man sich vorstellen, jedes Atom werde influenziert, wie wenn es ein leitendes Kügelchen wäre, derart daß die den

[1] Auf dem Monte Rosa befindet sich ein für physikalische Untersuchungen gut eingerichtetes Laboratorium, bezeichnet als »Laboratori scientifici Angelo Mosso«, das Hauptlaboratorium in 3000 m Höhe, das Nebenlaboratorium in 4600 m Höhe. Beschreibung siehe Rivista di Ingegneria sanitaria e di Edilizia Moderna, 1911 (von L. Pagliani e A. Aggazzotti). Direktor ist Prof. A. Aggazzotti in Turin, 30 Corso Raffaelo.

[2] Von L. Brillouin nach d. Methode v. Bauer u. Moulin (Radium, 1910).

Platten zugewandten Seiten entgegengesetzt elektrisch werden wie diese. Natürlich ist diese Vorstellung[1] nicht korrekt — man kann die Atome nicht als vollkommene Leiter der Elektrizität betrachten —, immerhin erhält man durch die Betrachtung wenigstens annähernd die Zahl der Moleküle per Kilogrammol. Sie findet sich z. B. für Argon kleiner als $2000 \cdot 10^{24}$, also wieder der Größenordnung nach übereinstimmend mit den früher gefundenen Werten (Perrin l. c. S. 235), demgemäß ebenso auch der Wert von N/M, der Molekülzahl pro kg.

IX. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus den Gesetzen der Elektrolyse.

Bei Messung der Dielektrizitätskonstante beobachtet man auch ein sehr schwaches Leitungsvermögen des Gases, welches einen gewissen Übergang herstellt zu dem Verhalten von elektrolytisch und von metallisch leitenden Flüssigkeiten. Aufklärung über die elektrolytische Leitung haben zuerst Faradays Ergebnisse über die Beziehungen zwischen Stromstärke und Menge der Zersetzungsprodukte gebracht. Hiernach sind z. B. zur Ausscheidung von jedem Kilogramm Wasserstoff, gleichviel wie und aus welcher Verbindung dies geschieht, 96 540 000 Coulomb nötig oder zur Ausscheidung von 1 kg-Mol $2 \cdot 96\,540\,000$, oder zur Ausscheidung von 1 Molekül $\frac{2}{N} \cdot 96\,540\,000$ Coulomb, wenn N die Avogadrosche Zahl, die Anzahl Moleküle in einem Kilogrammmol bedeutet. Hierdurch gelangte v. Helmholtz[2] zu der Vorstellung, ein Wasserstoff-Ion, d. h. ein Wasserstoffatom, welches zur Kathode hinwandert, sei eine Verbindung eines materiellen Atoms mit einem Elektrizitätsatom, einem Elektron, da auf keine Weise möglich ist, eine kleinere Elektrizitätsmenge als $\frac{1}{N} \cdot 96\,540\,000$ Coulomb herzustellen und bei der Elektrolyse nicht nur jedes Wasserstoffatom, sondern, den Faradayschen Gesetzen zufolge, auch jedes andere einwertige Atom mit dieser Elektrizitätsmenge

[1] Nach Clausius und Mossotti siehe R. Clausius, Mech. Wärmetheorie **2**, 94, 1879; E. Dorn, Wied. Ann. **13**, 378, 1881; F. Exner, Wien. Sitzb. **91** (2) 850, 1885; H. Sirk, Ann. d. Phys. **25**, 894, 1908 und P. Debye, Physik. Zeitschr. **13**, 97, 1912. Es ist $\Delta = \frac{\eta - 1}{\eta + 2}$, wenn Δ das Volumen aller Moleküle in 1 ccm ist.

[2] H. v. Helmholtz, Vorträge und Reden II S. 275, 1881.

verbunden erscheint, während 2, 3, 4 . . . p wertige Ionen das 2, 3, 4 . . . . p-fache dieser Elektrizitätsmenge mit sich führen, so daß der Eindruck einer beschränkten Teilbarkeit der Elektrizität entsteht. Helmholtz selbst sagt: »Wenn wir Atome der chemischen Elemente annehmen, so können wir nicht umhin, weiter zu schließen, daß auch die Elektrizität, positive sowohl wie negative, in bestimmte elementare Quanten geteilt ist, die sich wie Atome der Elektrizität verhalten. Jedes Ion muß, solange es sich in der Flüssigkeit bewegt, mit je einem elektrischen Äquivalent für jeden seiner Valenzwerte vereinigt bleiben.«

Wäre es also möglich, dieses Elementarquantum, d. h. den Wert $\frac{1}{N}$ 96 540 000 auf irgend eine Weise zu bestimmen, so wäre damit ein neues Mittel gewonnen, die Avogadrosche Zahl N zu ermitteln. Nun hat sich gezeigt, daß hierzu die Ermittelung der elektrischen Ladung von Staubteilchen oder kleinen Tröpfchen in der Luft dienen kann; denn genau so, wie die Ionen, beladen sich auch diese, gleichviel auf welchem Wege sie elektrisch gemacht werden, immer nur mit einem ganzen Vielfachen eines Elementarquantums (bei Atomen Valenzladung genannt), welches auch ihre Größe, d. h. ihre Kapazität sein mag, während sie natürlich bei unbeschränkter Teilbarkeit der Elektrizität unter gleichen Umständen eine um so größere Ladung aufnehmen müßten, je größer ihre Kapazität d. h. bei kugelförmiger Gestalt des Radius ist. Diese gleichmäßige, von der Kapazität unabhängige minimale Ladung aller kleinen Stäubchen und Tröpfchen und ihre sprungweise Zunahme bei stetiger Zufuhr von Elektrizität ist ein glänzender Beweis der Richtigkeit der Helmholtzschen Elektronentheorie.

Der experimentelle Beweis wurde zuerst von Townsend[2] erbracht, sodann von J. J. Thomson[3] und C. T. R. Wilson[4], deren Versuchsmethode dann noch wesentlich durch andere Forscher verbessert und in zahlreichen verschiedenartigen Fällen mit bestem Erfolge zur Anwendung gebracht wurde[5].

---

[2] Townsend, Phil. Mag. **44**, 125, **45**, 125, 1898; Phil. Trans. of the Roy. Soc. **193**, 129, 1900.

[3] J. J. Thomson, Phil. Mag. **46**, 528, 1898; **48**, 557, 1819.

[4] C. T. R. Wilson, Phil. Mag. **5**, 429, 1903.

[5] Millikan u. Begemann, Phys. Rev. **30**, 197, 1908; **31**, 41, 1910; **32**, 349, 1911. Ehrenhaft, Phys. Zeitschr. 308, 1909. De Broglie, Compt. rend.

Die Methode besteht einfach darin, daß man einen Nebel, der entweder von Natur aus elektrisch ist oder auf irgend eine Weise elektrisch gemacht wurde, zwischen die horizontalen entgegengesetzt geladenen Platten eines Luftkondensators bringt und die einzelnen Tröpfchen mittelst eines horizontal gerichteten Mikroskops beobachtet. Solange die Kondensatorplatten noch unelektrisch sind, sieht man die Partikelchen in lebhafter Brownscher Bewegung begriffen. Sobald nun die Kondensatorplatten an die Pole der Elektrizitätsquelle angeschlossen werden, bemerkt man im Allgemeinen drei Gruppen von Tröpfchen. Die einen wandern im Sinne der elektrischen Kraft des Feldes, sind also positiv geladen, die andern gehen im entgegengesetzten Sinne, sind also negativ geladen, endlich die der dritten Gruppe bewegen sich unverändert wie zuvor hin und her, sind also unelektrisch. Man widmet seine Aufmerksamkeit speziell denjenigen, welche durch die elektrische Kraft des Feldes aufwärts bewegt werden. In der Regel werden sie gleichzeitig durch die Schwere langsam nach unten gezogen. Man kann nun die Ladung des Kondensators so wählen, daß die Schwere gerade kompensiert wird, die Tröpfchen also immer an derselben Stelle verharren und nur die zitternde Brownsche Bewegung zeigen. Dies gelingt aber nicht für alle Teilchen, auch wenn sie alle gleich elektrisch sind, eben weil sie nicht nur ein, sondern auch zwei, drei, vier usw. Elektronen aufgenommen haben können. Regelt man aber die Ladung des Kondensators derart, daß der Reihe nach die Kraft die zwei-, drei-, vierfache . . . wird, so wird jeweils der Fall der betreffenden Gruppe von Teilchen gehindert. Man hat so einen Beweis, daß deren Ladung nicht beliebig, sondern nur staffelweise veränderlich ist, außerdem ergibt sich aber so die Größe des Elektrons, denn die Kraft, welche auf eine elektrische Masse von Q Coulomb zwischen den Platten eines Kondensators, welche l Meter Abstand und E Volt Spannungsdifferenz haben, einwirkt, beträgt $\frac{E}{l} \cdot Q$ Dezimegadynen und muß, da die Fallbe-

mai, 1909. R. A. Millikan, Phil. Mag. **19**, 209, 1910; Phys. Zeitschr. **11**, 1, 1097, 1910. L. Begemann, Phys. Rev. **30**, 131, 1910. Ehrenhaft, Sitzb. d. Wien. Akad. **118** u. **119** (IIa) 815, 1910 u. Phys. Zeitschr. **10** u. **12**, 261, 1911. K. Przibram, Sitzb. d. Wien. Akad. **117** (IIa) 665, 1908 **118**; (IIa) 331, 1909; **119** (IIa) 869, 1719, 1910; **120** (IIa) 49, 1911 (auch Phys. Zeitschr. **12**. 62, 260) u. 639, 1911. E. Weiß, Sitzb. d. Wien. Akad. **120** 1021, 1911.

wegung gehindert wird, gerade gleich dem Gewichte der Partikelchen sein, welches leicht aus ihrem spezifischen Gewicht und dem eventuell mittelst des Stokesschen Gesetzes zu bestimmenden Radius ermittelt werden kann. So ergab sich für das Elementarquantum der Wert $0{,}156 \cdot 10^{-18}$ Coulomb und demgemäß für die Avogadrosche Zahl $640 \cdot 10^{24}$, d. h. in einem Kilogrammol (2 kg Wasserstoff) sind $640 \cdot 10^{24}$ Moleküle oder in einem Kilogramm Wasserstoff $640 \cdot 10^{24}$ Atome enthalten, in bester Übereinstimmung mit den früheren Werten.

Bemerkt sei noch, daß auch nach ähnlichem Prinzip, wie oben bei Diffusion, der Wert des Elementarquantums durch Bestimmung der Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen erhalten werden kann, indem man berücksichtigt, daß hierbei die elektrische Kraft die treibende Kraft ist. Auch auf diese, weniger genaue Weise erhält man der Größenordnung nach stimmende Werte[1].

X. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen.

Beim Durchgang des Stromes durch Gase findet eine Abscheidung von Zersetzungsprodukten an den Elektroden wie bei der Elektrolyse nicht statt, somit muß Bewegung freier Elektronen in Gasen möglich sein. In der Tat lassen sich die Erscheinungen an der Kathode nur so verstehen, daß negative Elektronen getrieben von der elektrischen Kraft des Feldes, welche nach dem Gesagten bei l Meter Abstand der Elektroden und E Volt Spannungsdifferenz derselben $K = \frac{E}{l} \cdot Q$ Dezimegadynen beträgt, wenn Q die Ladung eines Elektrons ist, sich geradlinig und senkrecht zur Elektrodenoberfläche fortbewegen und schließlich solche Wucht annehmen, daß sie Moleküle, auf welche sie treffen, zertrümmern und neue Elektronen daraus frei machen, wodurch dann die Stromstärke einen weit größeren Wert erlangt, als sie ohne solche Ionisierung des Gases durch Elektronenstoß hätte erreichen können. Die Geschwindigkeit v der Kathodenstrahlteilchen läßt sich direkt bestimmen, ihre kinetische Energie $\frac{1}{2} m v^2$ muß gleich der geleisteten Arbeit $K \cdot l$, d. h. wenn sie die Spannungsdifferenz E Volt frei durchlaufen haben, $E \cdot Q$ Joule sein.

[1] H. Pellat, Cours de l'Electricité, III, Paris 1908, Gauthier-Villars.

Also hat man $EQ = \frac{1}{2} m v^2$ Coulomb, worin E bekannt ist und v und m durch die Ablenkung in einem elektrischen oder magnetischen Felde bestimmt werden können. Auch so findet man also wieder auf ganz anderem Wege das Elementarquantum $Q = \frac{m \cdot v^2}{2E}$ und damit, da, wie oben dargelegt $Q = \frac{1}{N}\,96\,540\,000$ ist, die Avogadrosche Zahl N. Versuche in dieser Art haben zuerst A. Schuster[1], E. Wiechert[2] und J. J. Thomson[3] ausgeführt. Sie sind später vielfach wiederholt und mit größerer Präzision durchgeführt worden[4]. Der so gefundene Wert der Avogadroschen Zahl N, somit auch die Zahl N/M der Moleküle in 1 kg ist wieder in Übereinstimmung mit den früheren.

XI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch magnetische Ablenkung der Kanalstrahlen.

Freie positive Elektronen werden weder bei Durchgang der Elektrizität durch Gase noch sonstwie beobachtet. Beim Durchgange des Stromes durch verdünnte Gase beobachtet man allerdings eine Art Strahlen, die Kanalstrahlen, die sich von der Anode fortbewegen und positive Elektrizität mit sich führen, doch ist deren Masse durch die magnetische Ablenkung bestimmt so groß, daß angenommen werden muß, die Elektronen seien nicht frei, sondern mit Atomen verbunden. Schreibt man ihnen tatsächlich die Masse solcher zu, so ergibt sich aus ihrer Ablenkung im Magnetfeld ein Wert für die elementare Ladung Q und damit für die Avogadrosche Zahl, sowie die Molekülzahl pro kg, der ebenfalls mit den früher gefundenen Werten harmoniert.

XII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch das Funkeln bei Radiumbestrahlung.

Merkwürdigerweise gibt es sog. radioaktive Stoffe, deren Atome in beständigem Zerfall begriffen sind und ohne Unterlaß infolge der in ihrem Innern enthaltenen Energie positive Ionen

---

[1] A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 317, 1884; **47**, 526, 1890; Wied. Ann. **65**, 887, 1898.

[2] E. Wiechert, Abh. phys.-ökon. Ges. Königsberg **38**, 1, 1897.

[3] J. J. Thomson, Phil. Mag. **44**, 293, 1897; **48**, 547, 1899.

[4] Siehe auch J. Stark, Die Prinzipien der Atomdynamik. Leipzig 1910, Hirzel; ferner Landolt-Börnsteins Physikal. chem. Tabellen. Berlin 1912, Springer (4. Aufl.) S. 261.

und negative Elektronen in Form von α- bezw. β-Strahlen, die den Kanal- und Kathodenstrahlen entsprechen, aussenden. Benützt man kleine Mengen dieser Substanzen und läßt die Strahlen durch kleine Öffnungen für sie undurchdringlicher Körper hindurchgehen, so kann man direkt wahrnehmen, daß es einzelne Körperchen sind, die fortgeschleudert werden, insofern z. B. ein davon getroffener Zinksulfidschirm oder Diamantdünnschliff szintilliert (funkelt), d. h. blitzartig jeweils nur da und dort aufleuchtet, wo er von solchen Teilchen getroffen wird. Das Szintillieren durch α-Strahlen bildet geradezu einen direkten Beweis der Existenz von materiellen Atomen, das Szintillieren beim Auftreffen von β-Strahlen beweist die Existenz freier Elektrizitätsatome oder Elektronen. Derartige Untersuchungen[1] sind zuerst von Rutherford und Geiger ausgeführt worden in der Weise, daß sie die α-Strahlen erst durch eine gegen 4 Meter lange evakuierte Röhre und dann durch ein Diaphragma mit veränderlicher Öffnung hindurchgehen ließen. Je enger man letztere nahm, um so kleiner wurde die Zahl der auf den Schirm gelangenden α-Teilchen, so daß die Zahl der Lichtblitze bequem gezählt werden konnte, also auch die Zahl der von einem Gramm pro Sekunde ausgehenden α-Teilchen. Diese fand sich $= 34 \cdot 10^9$ (34 Milliarden) für das Radium selbst und ebensogroß für jedes der drei damit im Gleichgewicht stehenden (α-Strahlen aussendenden) Zersetzungsprodukte. Weiterhin wurde, indem man die Strahlen auf eine mit einem Elektrometer in Verbindung stehende, im Vakuum befindliche Metallplatte auffallen ließ, an welche sie ihre Ladung abgaben, durch Division mit der genannten Zahl die Ladung eines einzelnen α-Teilchens (eines Heliumatoms) bestimmt. Sie ergab sich $= 0{,}3 \cdot 10^{-18}$ Coulomb. Aus andern Versuchen ergibt sich, daß ein Heliumatom zwei Elementarquanten aufnimmt, so daß also das Elementarquantum d. h. $\frac{1}{N} \cdot 96540000$ Coulomb die Hälfte, d. h. $0{,}15 \cdot 10^{-18}$ Coulomb sein muß, was wieder mit dem früher gefundenen Wert stimmt, somit auch denselben Wert der Avogadroschen Zahl N sowie der Molekülzahl pro kg ergibt.

---

[1] Rutherford u. Geiger, Royal Soc. juin 1908; Physik. Zeitschr. **10**, 1, 42, 1909; E. Regener, Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 78, 1908; Berl. Ber. **38**, 948, 1909; **14**, 400, 1912. Weitere Literatur siehe E. Rutherford, Physik. Zeitschr. **10**. 762, 1909 und G. Hoffmann, Physik. Zeitschr. **13**, 1030, 1912.

XIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg durch die Stromstöße bei Radiumstrahlung.

Da man einwenden konnte, möglicherweise entspreche die Zahl der Lichtblitze auf dem Fluoreszenzschirm nicht genau der Zahl der auftreffenden α-Teilchen, insofern einzelne Stellen des Schirms vielleicht unwirksam wären, machten dieselben Forscher die gleiche Bestimmung noch in ganz anderer Weise. Sie ließen die aus dem Diaphragma kommenden α-Teilchen in eine Art Geißlerschen Röhre eintreten, deren Elektroden auf solcher Spannung gehalten wurden, daß eben keine Entladung eintrat, somit ein angeschlossenes Elektrometer immerfort seinen Stand beibehielt. Das Eintreten eines α-Teilchens mußte nun durch Zertrümmerung von Gasmolekülen die Bildung zahlreicher Elektronen, somit Stromdurchgang und plötzliches Sinken der Spannung veranlassen. In der Tat entsprach die so beobachtete Zahl von Schwankungen der Elektrometernadel genau der zuvor durch die Zahl der Lichtblitze ermittelten Zahl von α-Teilchen. Würde man somit auf Grund solcher Versuche die Avogadrosche Zahl oder die Molekülzahl pro kg bestimmen, so wäre das Ergebnis abermals genau dasselbe.

XIV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Wärmeproduktion des Radiums.

Die **Wärmeproduktion des Radiums** muß der kinetischen Energie der α-Teilchen äquivalent sein, die durch Ablenkung der α-Strahlen im elektrischen Felde genau bestimmt werden kann[1]. Man fand so die kinetische Energie der α-Teilchen, welche 1 g Radium (und zwar aller 4 darin im Gleichgewicht befindlichen Gruppen) pro Sekunde aussendet $= 4{,}15 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot Q$ Joule pro Sekunde, wenn n die Zahl der pro Sekunde zerfallenden Radiumatome bedeutet und Q die Ladung eines α-Teilchens. Wie durch die vorher beschriebene Versuche ermittelt, ist $n = 34 \cdot 10^9$, so daß die entstehende Wärmemenge pro Sekunde, insofern 4189 Joule = 1 Kalorie sind, $\frac{4{,}15 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}4 \cdot 10^{10}}{4189} \cdot Q$ Kalorien pro Sekunde betragen muß. Tatsächlich ergeben die Messungen 0,110 Kalorien pro Stunde, also $\frac{0{,}110}{3600}$ Kal. pro Sek. Durch Gleichsetzung

[1] Rutherford, Phil. Mag. **12**, 2, 348, 1906.

beider Ausdrücke folgt für die aus 2 Quanten ($= \frac{2}{N} \cdot 96\,540\,000$) bestehende Ladung eines α-Teilchens $Q = 0{,}303 \cdot 10^{-18}$ Coulomb, somit wieder derselbe Wert der Avogadroschen Zahl und der Molekülzahl pro kg, wie oben.

XV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Halbwertperiode des Radiums.

Die Strahlung des Radiums nimmt mit der Zeit ab nach dem Gesetze $J_t = J_o \cdot e^{-\lambda t}$, wobei J_o die Anfangsaktivität und J_t die nach Ablauf von t Sekunden noch vorhandene Aktivität bedeutet. λ wird als Abklingungskonstante, $\frac{1}{\lambda}$ als Relaxationszeit oder mittlere Lebensdauer bezeichnet, $\frac{\log \text{nat}\, 2}{\lambda}$ (d. h. die Zeit für welche $J_t = \frac{1}{2} J_o$ wird) als Halbierungskonstante. Nach Boltwood[1] ist das Radium nach Verlauf von 2000 Jahren zur Hälfte zerfallen. Ist nun P die Zahl der in 1 g Wasserstoff vorhandenen Atome, so ist, da das Atomgewicht des Radiums 226 beträgt, die Zahl der Atome in einem Gramm Radium $\frac{P}{226}$. Davon muß in 2000 Jahren die Hälfte zerfallen, also in einer Sekunde $1{,}09 \cdot 10^{-11}$ Gramm Radium oder die Zahl $\frac{1{,}09 \cdot 10^{-11} \cdot P}{226}$ Atome. Sie muß gleich der Zahl der pro Sekunde fortgeschleuderten α-Teilchen, also $= 34 \cdot 10^9$ sein. Durch Gleichsetzung ergibt sich P und damit die Zahl der Moleküle in 1 kg Wasserstoff wieder in Einklang mit den übrigen Bestimmungen.

XVI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Heliumproduktion des Radiums.

Die Menge Helium[2], welche pro Sekunde aus 1 g Radium entsteht, ist nach Dewar[3] $\frac{0{,}37}{24 \cdot 3600}$ ccm (pro Jahr 158 ccm). Sie muß nach dem oben dargelegten $4 \times 34 \cdot 10^9$ Atome enthalten. Nun ist 1 kg-Mol $= 22{,}4$ cbm, $= 22{,}4 \cdot 10^6$ ccm, enthält also $N = \frac{4 \cdot 34 \cdot 10^9 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^6 \cdot 22{,}4}{0{,}37}$ Atome. So findet sich[4] für die

[1] Boltwood, Phys. Zeitschr. **9**, 502, 1908.

[2] Die α-Teilchen sind Heliumatome mit je zwei Elementarquanten beladen, s. E. Rutherford, Phil. Mag. **12**, 2, 348, 1906.

[3] Dewar, Phys. Zeitschr. **10**, 765, 1910.

[4] Moulin, Le Radium **6**, 164, 1909.

Avogadrosche Zahl N der Wert $710 \cdot 10^{24}$ in bester Übereinstimmung mit den übrigen Werten, ebenso auch N/M, die Molekülzahl pro kg.

XVII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus den Stromschwankungen bei Radium.

Wie bereits bemerkt, schwankt die Nadel eines durch großen Widerstand zur Erde abgeleiteten Elektrometers, welchem die Elektrizität der α-Strahlen zugeführt wird, um so mehr, je mehr man den Querschnitt des Bündels vermindert, da schließlich nur noch zeitweise einzelne α-Teilchen auftreffen. Diese Schwankungen der Stromstärke ermöglichen, wie E. Meyer u. E. Regener[1] zeigen, ebenfalls die Bestimmung der Avogadroschen Zahl. An sich wäre nämlich wohl denkbar, daß bei einem radioaktiven Körper alle Atome gleichzeitig zerfallen würden; daß dies tatsächlich nie eintritt, liegt eben daran, daß das Ende der Lebenszeit jedes einzelnen Atoms zu verschiedenen Zeiten erreicht wird. Es ist also der Zufall, der das Zerfallen eines bestimmten Atoms bedingt, somit wird sich der Zerfallsprozeß nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit abspielen.

In der Tat läßt sich so, wie E. v. Schweidler[2] gezeigt hat, das Zerfallgesetz: $J_t = J_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ableiten und auch die Größe der Stromschwankungen bei geringer Zahl der zerfallenden Atome. Es ist nämlich der Mittelwert der Schwankung $\bar{\varepsilon} = \frac{1}{\sqrt{Z}}$, wenn Z die Anzahl der Atome bedeutet, welche innerhalb der Zeit t zur Umwandlung gelangen würden bei strenger Gültigkeit des Zerfallgesetzes, d. h. wenn von einer sehr großen Zahl n_0 gleichartiger radioaktiver Atome, die nach der Zeit t noch vorhandene Zahl der Atome n gegeben ist durch die Gleichung $n = n_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Die Zahl Z läßt sich abändern durch Bedecken des radioaktiven Präparates mit Diaphragmen. Die Schwankung ergibt sich aus den Schwankungen der Ausschläge des Elektrometers infolge des durch die Aussendung der α-Teilchen bedingten elektrischen Stromes. Nach E. Rutherford[3] erzeugt ein α-Teilchen, das (von

[1] E. Meyer u. E. Regener, Ann. d. Phys. **25**, 757, 1908. Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 1, 1908.

[2] E. v. Schweidler, Beibl. **31**, 356, 1907; Ed. Meyer, Jahrb. Rad. El. **5**, 423, 1918.

[3] E. Rutherford, Phil. Mag. (6) **10**, 207, 1905.

Radium selbst) im Zustande seiner Minimalaktivität fortgeschleudert wird, bei seiner Absorption in Luft 86 000 Ionenpaare[1]. Für das tatsächlich verwendete Poloniumpräparat war in Rücksicht auf dessen größere Reichweite (3,86 cm gegen 3,50 cm bei Radium) diese Zahl von Ionenpaaren = 94 000 zu setzen. Demgemäß war der durch den Zerfall von Z Atomen in t Sekunden entstehende Strom $i = \frac{Z}{t} \cdot 94\,000 \cdot Q$, wo Q die Ladung eines Ions bedeutet, also wird $\bar{\varepsilon} = \sqrt{\frac{9400 \cdot Q}{i \cdot t}}$ oder $Q = \frac{\varepsilon^2 \cdot i \cdot t}{94\,000}$. Für $t = 1$ Sekunde ergab sich aus den Beobachtungen $Q = 0{,}04 \cdot 10^{-18}$ Coulomb, was wenigstens der Größenordnung nach mit den oben erwähnten Werten des Elementarquantums $(= \frac{1}{N} \cdot 96\,540\,000$ Coulomb) stimmt, so daß gleiches auch für die daraus abgeleitete Avogadrosche Zahl gelten muß. Mit Rücksicht auf die große Unsicherheit der Bestimmung der Zeitdauer der Schwankungen ist die Übereinstimmung befriedigend.

XVIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus den Konzentrationsschwankungen bei Radium.

In radioaktiven Lösungen muß die Unregelmäßigkeit des Atomzerfalls zu Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Konzentration führen, ebenso wie bei einer Emulsion die Verteilung der einzelnen Partikelchen infolge der Brownschen Wimmelbewegung keine gleichmäßig dichte ist, sondern bald hier bald dort ganz zufällig sich dichtere Anhäufungen der Partikelchen erkennen lassen. Bei radioaktiven Lösungen geben sich diese fortwährenden Konzentrationsschwankungen an den verschiedenen Stellen durch beständigen Wechsel der Strahlungsintensität kund, die z. B. an einem darübergebrachten Fluoreszenzschirm beobachtet werden kann. Auch diese Schwankungen genügen der Formel von v. Schweidler und können somit wie die vorigen zur Bestimmung der Avogadroschen Zahl und der Molekülzahl pro kg dienen. Derartige Untersuchungen sind mit dem erwarteten Erfolge von The Svedberg[2] ausgeführt worden.

[1] Über die Sichtbarmachung des Schußkanals in Form eines Nebelstreifens siehe H. A. Wilson, Proc. Cambridge 84, 1911.

[2] The Svedberg, Die Existenz der Moleküle, 1912, S. 203.

XIX. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Strahlung absolut schwarzer Körper.

Ein anderer, wieder vollkommen verschiedener Weg zur Gewinnung der Avogadroschen Zahl ergibt sich aus dem Gesetz der Strahlung eines absolut schwarzen Körpers[1], wie M. Planck[2] gezeigt hat. Der elektromagnetischen Lichttheorie zufolge setzt völlige Absorption des Lichtes metallische Leitung voraus. Während nun aber die Leitung der Elektrizität in Elektrolyten durch Ionen vermittelt wird und in Gasen durch Kathoden- und Kanalstrahlen, muß gemäß der von J. J. Thomson und Drude[3] aufgestellten kinetischen Theorie der Metalle angenommen werden, die metallische Leitung werde durch freie negative Elektronen bewirkt, welche sich im wesentlichen wie Moleküle eines Gases bewegen, also um so rascher, je höher die Temperatur steigt und zwar so, daß ihre kinetische Energie immer gleich der eines Gasatoms bei derselben Temperatur ist. Durch diese Annahme ergeben sich nämlich das Wiedemann-Franzsche Gesetz der Übereinstimmung von thermischer und elektrischer Leitfähigkeit und verschiedene andere Eigentümlichkeiten der Metalle. Die hin- und herschießenden Elektronen müssen nun, gemäß den elektromagnetischen Grundgesetzen, jedesmal wenn sich ihre Bewegungsrichtung ändert, elektromagnetische Strahlung aussenden und zwar nach der Berechnung von Lorentz und Langevin derart, daß ein Kubikmeter eines absolut schwarzen Körpers an Strahlen, deren Wellenlänge zwischen λ und $\lambda + d\lambda$ liegt, den Energiebetrag $dA = \frac{16\pi}{3} W \frac{d\lambda}{\lambda^4}$ aussendet, wobei W die kinetische Energie eines Elektrons ist, die nach der älteren Theorie von Planck gleich der eines Gasatoms, d. h. $= \frac{3}{2} \frac{8319 \cdot \tau}{N}$ sein muß, wenn τ die absolute Temperatur und N die Avogadrosche Zahl ist. Man hätte also $N = 8\pi \frac{8319 \cdot \tau}{\lambda^4} \frac{d\lambda}{dA}$, woraus sich durch Vergleich mit der

[1] Dieselbe ist gleich der aus einer kleinen Öffnung eines innen geschwärzten (nicht absolut schwarzen) Hohlraums austretenden Strahlung.

[2] Siehe M. Planck, Theorie d. Wärmestrahlung, Leipzig 1906; ferner das Referat von R. Pohl, Jahrb. Rad. El. **8**, 415, 1921.

[3] P. Drude, Phys. Zeitschr. **1**, 161, 1899; **1**, 566, 1900; **3**, 369, 1900; **7**, 687, 1902; E. Riecke, Phys. Zeitschr. **10**, 508, 1909; G. Jäger, Wien. Sitzb. **117** (IIa), 843, 869, 1908; J. Stark, Jahrb. d. Rad. u. Elektr. **9**, 188, 1912.

von Lummer und Pringsheim wirklich gemessenen Strahlungsenergie ergeben würde $N = 770 \cdot 10^{24}$, also etwas mehr als nach den früheren Bestimmungen. Daß die Theorie, namentlich für kleinere Wellenlängen, nicht stimmt und durch die Energiequantentheorie verbessert werden muß, wurde bereits im vorigen Semester[1] dargelegt. Aus dieser verbesserten Theorie von M. Planck[2] erergibt sich der mit den früheren Bestimmungen sehr gut harmonierende Wert $N = 610 \cdot 10^{24}$.

XX. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Zeemanphänomen.

Voraussichtlich wird man auch aus der Lumineszenzstrahlung nicht metallischer Körper, insbesondere aus der Verteilung der Spektrallinien in Emissionsspektren den Wert von N ermitteln können, da es, soweit bis jetzt ermittelt, schwingende positive Ionen sein müssen, die diese Strahlung erzeugen, so daß es möglich sein wird, durch Ausmessung des Spektrums den Wert des Elementarquantums die Ladung eines Elektrons zu finden[3]. Zurzeit ist aber die Theorie noch nicht genügend fortgeschritten. Nur in einer Weise hat sich vorläufig die Berechnung ausführen lassen, nämlich im Falle der Beeinträchtigung der Lichtemission durch magnetische Felder, welche von Zeeman[4] entdeckt wurde. Nach H. A. Lorentz[5] kann man sich davon folgende Vorstellung machen, wenigstens in den einfachsten Fällen. Schwingt ein Elektron unter der Einwirkung einer Kraft D (pro 1 m Auschlag) in gerader Linie, so ist seine Schwingungszahl $n_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{\mu}}$, wenn μ seine Masse bedeutet[6]. In einem Magnetfeld sind solche Schwingungen nur möglich, wenn die Richtung der Bewegung mit der der Kraftlinien zusammenfällt. Steht dieselbe aber senkrecht zu den

---

[1] O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **24**, 273, 1912.

[2] M. Plank, Ann. d. Phys. **37**, 642, 1912. Die neuesten Bestimmungen siehe S. Valentiner, Ann. d. Phys. **39**, 489, 1912.

[3] Siehe J. Stark, Die Prinzipien der Atomdynamik II, 1911.

[4] P. Zeeman, Phil. Mag. (5) **43**, 226, 1897.

[5] H. A. Lorentz, Wied. Ann. **63**, 278, 1897; siehe ferner J. Stark, Die Prinzipien d. Atomdynamik II, 1911, 146 u. W. Voigt, Magneto- und Elektrooptik. Leipzig 1908 S. 42.

[6] Siehe z. B. O. Lehmann, Leitfaden der Physik. S. 102, § 112.

magnetischen Kraftlinien, so erfolgt derartige Ablenkung, daß das Elektron gezwungen wird, sich in einem zu den Kraftlinien senkrechten Kreise zu bewegen, im einen oder andern Sinn, je nach der Art seiner Elektrisierung. Dabei ist, wenn ω die Winkelgeschwindigkeit und r der Kreisradius, die tatsächliche Zentripetalkraft: $\mu \omega^2 r =$ der algebraischen Summe der Wirkung der quasielastischen Direktionskraft und der Wirkung des Magnetfeldes, d. h. $= D r \pm H \omega r Q$, wenn H die Stärke des magnetischen Feldes bedeutet[1]. Ist n die Frequenz der Schwingungen, so ist $2 \pi n = \omega$, also unter Berücksichtigung des für n_0 gegebenen Ausdrucks: $4 \pi^2 n^2 = 4 \pi^2 n_0^2 \pm H \cdot 2 \pi n \cdot Q/\mu$ oder annähernd $n^2 = n_0^2 \pm H Q n_0 / 2 \pi \mu$ oder $n = n_0 \, (1 \pm H Q / 4 \pi \mu n_0)$.

Jede beliebige Schwingung kann in eine Komponente parallel und eine solche senkrecht zu den Kraftlinien zerlegt werden. Für einen in der Richtung der Kraftlinie fortschreitenden Strahl würde erstere einer longitudinalen elektrischen Welle entsprechen, die nicht existieren kann. Demgemäß werden nur zwei entgegengesetzt-zirkular-polarisierte Strahlen wahrgenommen und zwar muß, wenn das Elektron negativ ist, die Wellenlänge des rechtszirkularen Strahls größer sein als die des links-zirkularen, weil in jenem die elektromagnetische Kraft der quasielastischen Kraft entgegenwirkt. Infolge der Erregung des magnetischen Feldes zerspaltet sich also eine Spektrallinie in zwei, (ein Dublet), welche entgegengesetzt zirkular polarisiert sind. Ersetzt man n durch die Wellenlänge λ gemäß der Beziehung $\lambda = 3 \cdot 10^8 / n$, so ergibt sich $\lambda = \lambda_0 \, (1 \mp H Q \lambda_0 / 4 \pi \mu \cdot 3 \cdot 10^8)$ oder die Wellenlängenänderung $\Delta \lambda = H Q \lambda_0^2 / 4 \pi \mu \cdot 3 \cdot 10^8$ und $Q = \frac{\Delta \lambda \cdot 4 \pi \cdot \mu \cdot 3 \cdot 10^8}{H \cdot \lambda_0^2}$. Von einem Strahl, welcher sich senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien fortpflanzt, werden sowohl die transversal gerichteten Komponenten der beiden Kreisschwingungen, wie auch die hier transversal gerichtete Komponente in der Kraftlinienrichtung, d. h. eine Spektrallinie an der ursprünglichen Stelle wahrgenommen. In diesem Fall zerspaltet sich also jede Spektrallinie in drei, (ein Triplet) von welchen die mittlere, den Kraftlinien parallele, linear polarisiert ist, während die beiden äußeren senkrecht dazu linear polarisiert sind. Durch Vergleich des beobachteten $\Delta \lambda$ mit dem

---

[1] Siehe a. a. O. S. 253, § 112 und E. Warburg, Lehrb. d. Experimentalphysik 1912, 439.

berechneten ergibt sich die spezifische Ladung Q/μ des Elektrons, somit das Elementarquantum Q ($= \frac{1}{N} \cdot 96540000$ Coulomb) und daraus die Avogadrosche Zahl N, sowie die Zahl N/M der Moleküle pro kg.

Bei Helium- und Quecksilberlinien in schwachen Magnetfeldern wurde in der Tat Übereinstimmung mit den früher erhaltenen Werten gefunden, während in anderen Fällen die Theorie augenscheinlich noch einer Verbesserung bedarf, die genauere Kenntnis der Molekularstruktur erfordert. Die quasielastische Kraft würde sich als elektrische Kraft zwischen dem negativen Elektron und dem zugehörigen positiven Ion (Archion) deuten lassen, wenn sich das erstere im Innern des letzteren befände, man könnte somit aus dem Zeemaneffekt Schlüsse bezüglich der inneren Struktur der Atome ziehen. Dieses ist von um so größerem Interesse, als der Zerfall der Radiumatome, welcher sich unter bedeutender Wärmeentwicklung vollzieht, darauf hinweist, daß im Innern der Atome in äußerst heftiger Bewegung begriffene negative Elektronen vorhanden sein müssen.

J. Becquerel[1] beobachtete den Zeemaneffekt, welcher sich naturgemäß auch bei den Absorptionsspektren von Flammen zeigt, selbst bei Absorptionslinien in Kristallen, was beweist, daß auch in festen und flüssigen Körpern bei der Absorption des Lichtes schwingende Elektronen in Betracht kommen.

XXI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem Brechungsindex der Substanz.

Nach der auf die oben in § VIII erwähnten, nur annähernd zutreffenden Clausius-Mossottischen Ansicht über die Natur der Dielektrika läßt sich nach Lorentz[2] und Lorenz[3] beweisen, daß die sog. Molekularrefraktion, d. h., wenn d die Dichte des Körpers, n dessen Brechungsindex und M das Molekulargewicht ist, der Ausdruck $M \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$ gleich dem von den Molekülen in 1 kg-Mol wirklich eingenommenen Raum ist. Man kann somit nach dem in § IV angegebenen Verfahren auch aus dem absoluten

[1] J. Becquerel, Phys. Zeitschr. **8**, 632, 1907.
[2] H. A. Lorentz, Wied. Ann. **9**, 641, 1880.
[3] L. Lorenz, Wied. Ann. **11**, 70, 1880.

Brechungsindex einer Substanz (= 1,00029 × dem Brechungsindex in Luft) die Anzahl der Moleküle pro kg berechnen, doch ähnlich wie aus den Dielektrizitätskonstante nur in grober Annäherung.

XXII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus Dispersion und Absorption des Lichtes.

Zu demselben Ergebnis war schon früher H. v. Helmholtz[1] gekommen, durch Versuche, die Dispersion des Lichtes vom Standpunkte der elektromagnetischen Lichttheorie zu erklären. Man muß hierzu annehmen[2], jedes Atom enthalte eine gewisse Anzahl schwingungsfähiger Elektronen, die durch einen einfallenden Lichtstrahl (d. h. eine regelmäßige Aufeinanderfolge abwechselnd entgegengesetzt gerichteter elektrischer und magnetischer Felder) in Mitschwingung versetzt werden. Die auf Grund dieser Annahme gewonnene Dispersionsformel lautet: $n^2 = 1 + \Sigma \frac{\mathfrak{N}_h \vartheta_h}{1 - \frac{\lambda_h^2}{\lambda^2}}$, worin $\mathfrak{N}_h$ die Anzahl schwingungsfähiger Elektronen einer bestimmten ($h$ten) Gattung im cbm, λ_h die (im Vakuum gemessene) Wellenlänge ihrer Eigenschwingung in Metern, λ die Wellenlänge des einfallenden Lichts, ϑ_h die Beweglichkeit des Elektrons, d. h. (abgesehen vom Zahlenfaktor $\frac{1}{4\pi}$) ein Faktor, welcher angibt, um wieviel Meter die Elektrizitätsmenge 1 Coulomb durch eine elektrische Kraft von der Größe 1 Dezimegadyne aus seiner Ruhelage herausgezogen würde, und n den Brechungsindex des einfallenden Lichtes bedeutet.

Für $\lambda = \lambda_h$ tritt stärkstes Mitschwingen (sog. Resonanz) d. h. maximale Absorption ein. Für diesen Fall, d. h. für die Mitte eines Absorptionsstreifens, gilt naturgemäß die Formel nicht mehr. Ferner ist $\lambda_h^2 = \pi \frac{m_h \vartheta_h}{Q_h^2}$ oder $Q_h = \frac{1}{\lambda_h} \sqrt{\pi m_h \delta_h}$, wenn Q_h die elektrische Ladung in Coulomb und m_h die Masse des Elektrons der $h$ten Gattung in kg bedeutet. In einigen Fällen reicht man schon mit zwei Gattungen, negativen Elektronen und positiven Ionen, aus und zwar zeigt sich, daß die Absorptionsstreifen im

[1] H. v. Helmholtz, Wied. Ann. **48**, 389, 723, 1893.

[2] P. Drude, Zeitschr. f. wiss. Photogr. **3**, Heft 1, 1905; Ann. d. Phys. **14**, 77, 936, 1904.

ultraroten Teil des Spektrums bedingt sind durch das Mitschwingen der positiven Atomionen, die im sichtbaren und im ultravioletten Teil durch das Mitschwingen der negativen Elektronen[1]. Man kann hiernach das Elementarquantum ($= \frac{1}{N}$ 96540000 Coulomb) und somit die Avogadrosche Zahl N oder die Zahl N/M der Moleküle in 1 kg auch aus Dispersionsbeobachtungen bestimmen. Das Ergebnis ist annähernd das erwartete[2], doch zeigen sich erhebliche Abweichungen, die darauf hinweisen, daß die Elektronen nicht ganz frei schwingen können, wie die Theorie annimmt.

Ist p_h die Anzahl der Elektronen pro Molekül, d. h. $p_h = \frac{\mathfrak{N}_h}{N}$, ist ferner M das Molekulargewicht und d die Dichte des Körpers, so ergibt sich[3] $Q_v = 3{,}26 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{M}{d} \frac{\mathfrak{N}_v \vartheta_v}{\lambda_v^2} \cdot \frac{m_v}{p_v}$, wobei der Ausdruck $\frac{\mathfrak{N}_v \vartheta_v}{\lambda_v^2}$ direkt der beobachteten Dispersionskurve entnommen werden kann. Setzt man die aus andern Erscheinungen bestimmten Werte für Q_v und m_v ein, so ergibt sich das überraschende Resultat, daß p die Wertigkeit des betr. Atoms darstellt, so daß man schließen muß, die Wertigkeit sei gleich der Anzahl schwingungsfähiger, d. h. lose sitzender Elektronen und veränderliche Wertigkeit (gemäß der Theorie von Abegg[4]) erkläre sich dadurch, daß die einen Elektronen mehr, die andern weniger fest an den positiven Teil, das positive Atomion (Archion) gebunden sind. Ein einwertiges Kation ist hiernach ein solches, von welchem ein lose sitzendes Elektron (z. B. durch Einwirkung des Lösungsmittels) abgelöst ist, ein zweiwertiges ein solches, von welchem 2 Elektronen abgetrennt sind usw. Die Wertigkeit der Anionen bestimmt sich durch ihre Fähigkeit von andern Stoffen lose sitzende Elektronen abzulösen. Für eine Verbindung ist[5] $p \cdot Q/m$ die Summe der $p \cdot Q/m$ für die einzelnen Atome, ähnlich

---

[1] Vgl. auch F. Haber, Verh. d. D. phys. Ges. **13**, 1117, 1911. Es soll n rot $= \sqrt{\frac{m}{M}} \cdot n$ violett sein, wenn m u. M die Massen von neg. Elektron u. pos. Ion sind.

[2] Man findet nach Drude für Q/m $1{,}5 \cdot 10^{11}$, nach Erfle 1,2 bis $1{,}3 \cdot 10^{11}$ statt $1{,}78 \cdot 10^{11}$, Q in Coulomb, m in Kilogrammen gemessen.

[3] Der Index v bedeutet, daß nur das violette Ende des Spektrums in Betracht kommt.

[4] R. Abegg, Zeitschr. f. anorg. Chem. **39**, 330, 1909.

[5] Vgl. H. Erfle, Ann. d. Phys. **23**, 594, 1907.

wie die Molekularrefraktion die Summe der Atomrefraktionen ist[1]. Doppelbindung bewirkt größere relative Verschiedenheit der Beweglichkeit der Elektronen. Die Abhängigkeit der Elektronenbeweglichkeit von Temperatur und Druck erklärt auch die Änderung der Molekularrefraktion unter gleichen Umständen.

Nach J. Koenigsberger[2] muß man zweierlei Absorption unterscheiden, nämlich Fälle, bei welchen sich die Absorption auch durch Einfluß auf das Reflexionsvermögen äußert, wie z. B. bei Fuchsin, welches rotes Licht durchläßt und grünes reflektiert, und andere, bei welchen ein solcher Einfluß nicht vorhanden ist. Für letztere ist p sehr viel kleiner als 1, d. h. es kommt erst auf 500, 1000 oder 100 000 Moleküle ein schwingungsfähiges Elektron, was man sich so deuten kann, daß bald in diesem, bald in jenem Molekül ein Elektron schwingungsfähig wird. Die Dämpfung der Schwingungen, auf welcher die Umwandlung der Strahlungsenergie in Wärme beruht, ist so groß, daß bereits die sechste ganze Schwingung nur $\frac{1}{100}$ der Amplitude der ersten hat.

Anders verhält sich dies bei den Phosphoreszenz- und Fluoreszenzerscheinungen. Nach Lenard[3] muß man speziell die Konstitution der Erdalkaliphosphore so auffassen, daß die eigentlich wirksamen Moleküle (z. B. bei Balmainscher Leuchtfarbe Moleküle von der Zusammensetzung $Ca_x\, Bi_y\, S_z$) in einer großen Menge unwirksamen Füllmaterials eingeschlossen sind. Sie haben drei Sorten Eigenschwingungsdauern, denn die Schwingungsdauer des Lichtes, welches die Phosphoreszenz erregt, ist eine andere als die des Phosphoreszenzlichtes selbst und wieder eine andere Lichtart löscht die Phosphoreszenz aus. Das Phosphoreszenzlicht besteht im allgemeinen aus mehreren Spektralbanden. Je einer Bande gehört eine bestimmte Sorte schwingender Moleküle zu, wie man schon daran erkennen kann, daß

---

[1] Brühl, Zeitschr. f. phys. Chem. **7**, 140, 1891.

[2] J. Koenigsberger u. K. Kilchling, Ann. d. Phys. **28**, 889, 1909; **32**, 843, 1910; J. Koenigsberger, Phys. Zeitschr. **12**, 1, 1911; Eva v. Bahr u. J. Koenigsberger, Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911 Nr. 26; A. Heydweiller, Verh. d. d. phys. Ges. **14**, 178, 1912.

[3] P. Lenard, Heidelb. Akad. 1909 Nr. 3; Verh. d. nat. med. Ver. Heidelb. **10**, 7, 1909. Über den Einfluß niedriger Temperatur s. H. Kammerlingh Onnes und W. H. Keesom, Encykl. Math. Wiss. **5** (10) 684 1912.

für diese verschiedenen Moleküle die Temperaturen maximaler Emission nicht dieselben sind, so daß mit steigender Temperatur die Banden nacheinander erscheinen können. Man kann als Ursache der Phosphoreszenz die Rückkehr von Elektronen ansehen, welche bei der Erregung von ihren Stellen weggedrängt wurden, also eine Folge einer Art chemischer Lichtwirkung. Die Phosphoreszenz beruht also nicht wie die Absorption einfach auf dem Mitschwingen von Elektronen oder Archionen[1].

Verwandt damit sind die lichtelektrischen Erscheinungen[2], welche ebenfalls auf Abspaltung von Elektronen beruhen, wobei diese aber nicht nur von ihrer normalen Stellung weggedrängt werden, sondern als Kathodenstrahlen die Moleküle vollständig verlassen.

XXIII. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Atomwärme.

Diese Betrachtungen veranlassen die weitere Frage, wodurch sich die Molekularstruktur der festen Körper von derjenigen der Flüssigkeiten und Gase unterscheidet. Bekanntlich ist das Charakteristikum eines festen Körpers Verschiebungselastizität, welche bis zu der sog. Elastizitätsgrenze eine vollkommene ist. Die Moleküle können deshalb ihren Ort nicht dauernd verlassen, sondern nur um ihre mittlere Lage hin- und herschwingen. Die Amplituden dieser Bewegung sind jedenfalls sehr klein, denn von einer Brownschen Bewegung eingeschlossener feiner Partikelchen ist auch bei den stärksten Vergrößerungen nichts zu erkennen, die mittlere Bewegungsenergie eines Moleküls muß aber annähernd dieselbe sein wie die eines Gas- oder Flüssigkeitsmoleküls bei derselben Temperatur, wie zuerst Boltzmann gezeigt hat[3].

Hieraus ergibt sich das Gesetz von Dulong und Petit[4]. Dem ersten Hauptsatz gemäß ist nämlich[5] für ein Gas die Differenz der beiden spezifischen Wärmen $c_p - c_v = \frac{0{,}0691}{d}$, wo d das

[1] Siehe auch H. Baerwald, Habilitationsschr. Darmstadt 1912.

[2] Siehe J. Stark, Prinzipien d. Atomdynamik Leipzig 1911, II, 195; K. Herrmann, Verh. d. d. phys. Ges. **14**, 878, 1912.

[3] L. Boltzmann, Wien. Sitzb. **63** (II) 731, 1871.

[4] F. Richarz, Wied. Ann. **48**, 708, 1893 und **67**, 704, 1899.

[5] Clausius, Mechan. Wärmetheorie I 2 § 6 p. 59 Gl. (32).

spez. Gewicht bezogen auf Luft bedeutet und 0,0691 die Differenz der beiden spez. Wärmen für Luft ist. Ferner ist allgemein für ein einatomiges Gas nach Kundt und Warburg: $c_p = 5/3 \cdot c_v$, also $c_v = \frac{3 \cdot 0{,}0691}{2d}$. Ist nun A das Atomgewicht des Gases, M das mittlere Molekulargewicht der Luft (= 2 · 14,5), so ist nach dem Avogadroschen Gesetz $d = A/M = A/2 \cdot 14{,}5$, also die Atomwärme eines einatomigen Gases $A \cdot c_v = 3 \cdot 0{,}0691 \cdot 14{,}5 = 3{,}006$.

Für dieselbe Substanz im festen Zustande ist die Atomwärme größer, denn hier ist nicht nur die mittlere lebendige Kraft der Atome zu vergrößern, sondern auch, obschon, da das Volumen als konstant vorausgesetzt wird, die mittleren Abstände der Moleküle dieselben bleiben, die potentielle Energie, weil die mittlere Entfernung jedes Atoms von seiner mittleren Lage sich ändert. Die potentielle Energie soll so gerechnet werden, daß sie, wie die kinetische Energie, bei dem absoluten Nullpunkt der Temperatur verschwindet. Macht man nun die Annahme, die Summe der mittleren kinetischen Energie eines Atoms und seiner potentiellen Energie sei der absoluten Temperatur proportional und habe für alle Atome, auch solche verschiedener Art, bei gleicher Temperatur denselben Wert, dann folgt, da dies auch für die kinetische Energie allein gilt, daß es ebenso für die potentielle Energie allein gelten müsse, d. h. letztere muß für alle Atome jeder Art dasselbe Multiplum der kinetischen Energie sein. Tatsächlich ist sie ihr gleich, denn die Atomwärme im festen Zustand $A \cdot C_v$ ist = 6,012, wenigstens annähernd. Wie Richarz gezeigt hat, ist dieses Gesetz von Dulong und Petit um so weniger zutreffend, je kleiner das Atomvolumen (d h. der Quotient von Atomgewicht und Dichte) und das Atomgewicht sind. Die Erklärung für diese Abweichungen hat neuerdings, wie ich zu Anfang des Jahres vorgetragen habe[1], die Einsteinsche Energiequantentheorie gegeben, gemäß welcher die Atomwärme auch wesentlich abhängig sein muß von der Frequenz des Atoms. Diese soll die Frequenz derjenigen ultraroten Strahlen sein, welche von der Substanz absorbiert werden. Sie soll sich auch berechnen lassen aus deren Elastizität, woraus sich weitere Zusammenhänge mit Ausdehnungskoeffizient, Kompressibilität, Schmelz-

[1] O. Lehmann, Verh. d. nat. Ver. Karlsruhe **24**, 273, 1912.

temperatur usw. ergeben würden[1], doch erscheinen diese Beziehungen noch nicht hinreichend geklärt[2]. Nach Einsteins Formel[3] bedingt die Zuführung von einem Energiequant, nämlich von $6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot v$ Joule zu 1 kg-Mol eines einatomigen festen Körpers beim absoluten Nullpunkt, konstantes Volum vorausgesetzt, die Temperaturerhöhung $\Delta T = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34}}{8319} \cdot \frac{N \cdot v}{l_n N}$. Da ferner die Atomwärme $C_v = 5{,}955 \cdot 4189 \cdot \sum \frac{e^{\frac{\beta v}{T}} \left(\frac{\beta v}{T}\right)^2}{\left(\frac{\beta v}{T} - 1\right)^2}$ Joule ist, worin $\beta = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34}}{8319} \cdot N$, somit auch $\Delta T = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot v}{C_v}$, so würde im Prinzip auch aus der Atomwärme fester Körper ein Wert für die Avogadrosche Zahl sich ableiten lassen, der natürlich, soweit die Theorie sich den Beobachtungen fügt, mit den übrigen Werten übereinstimmt; nach Debye (a. a. O.) ist aber die Annahme einer einzigen Atomfrequenz bei festen Körpern unzulässig, es gibt vielmehr eine ganze Serie von Frequenzen von v_o bis v_m und falls man $\beta \cdot \frac{v_m}{T} = x$ und $\beta \cdot \frac{v}{T} = \xi$ setzt, ist

$$C_v = 3 \cdot 8319 \left(\frac{12}{x^3} \int_o^x \frac{\xi^3 d\xi}{e^\xi - 1} - \frac{3x}{e^x - 1}\right) \text{Joule},$$

in weit besserer Übereinstimmung mit den experimentellen Bestimmungen als Einsteins Formel. Für sehr hohe Temperaturen[4] folgt $C_v = 5{,}955 \cdot 4189$ Joule, für mittlere $C_v = 5{,}955 \cdot 4189 \left(1 - \frac{x^2}{20} + \frac{x^4}{560} - \ldots\right)$, für sehr tiefe $C_v = 5{,}955 \cdot 4189 \cdot 77{,}938 \cdot \frac{1}{x^3}$ Joule. Im letzteren Fall ist also die Atomwärme C_v proportional zur 3. Potenz der absoluten Temperatur, was in der Tat den Beobachtungen entspricht.

---

[1] Siehe E. Grüneisen, Verf. d. D. phys. Ges. **13**, 426, 491, 836, 1911; Ann. d. Phys. **39**, 257, 1912.

[2] Siehe M. Born und Th. v. Kármán, Phys. Zeitsch. **13**, 297, 1911 und P. Debye, Arch. de Genève **33**, 256, 1912; Ann. d. Phys. **39**, 789, 1912; M. Brillouin, Soc. franc. de Phys. 1912 Nr. 20; E. Madelung, Phys. Zeitschr. **13**, 489, 1912.

[3] Siehe O. Sackur, Ann. d. Phys. **34**, 455, 1911.

[4] Nach W. Nernst, Phys. Zeitschr. **13**, 1067, 1912 ist zu erwarten, daß die Atomwärme bei sehr hohen Temperaturen wegen Energieverbrauchs für Strahlung rasch steigt; z. B. müßte bei Helium, wegen des Auftretens roter Spektrallinien, der Anstieg schon bei 4000° merklich sein, bei 30000° müßte die Atomwärme sehr hoch werden (vgl. auch O. Lehmann, absolut höchste Temperatur, Phys. Zeitschr. **9**, 251, 1907).

XXIV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus dem molekularen Magnetismus.

Zu einer ganz besonders interessanten Ableitung der Avogadroschen Zahl gelangte R. Richarz[1] auf Grund von Ampères Theorie der Entstehung magnetischer Kräfte durch elektrische Ströme in den Molekülen, welche sich bereits W. Weber[2] als kreisförmige Bewegungen positiver Elektrizitätsteilchen um einen negativen Kern gedacht hatte[3], indem er die molekularen magnetischen Momente berechnete und den hieraus sich ergebenden spezifischen Magnetismus mit dem wirklich beobachteten verglich. Auch die so zu ermittelnde Avogadrosche Zahl[4], also auch die Molekülzahl pro kg, stimmt der Größenordnung nach mit den übrigen Werten, wenn auch die neueren Arbeiten auf diesem Gebiet zeigen, daß hier noch besondere Verhältnisse obwalten, die eine genauere Theorie berücksichtigen müßte[5].

XXV. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Dissoziationswärme.

Ausgehend von der v. Helmholtzschen Annahme, die chemische Verbindungs- und Zersetzungswärme werde bedingt durch die Arbeit elektrischer Kräfte oder gegen solche, insofern die chemische Affinität eine Wirkung der in den Atomen vorhandenen Elementarquanten sei, gelangt Richarz bei gleicher Gelegenheit noch zu einer anderen Beziehung, aus welcher sich die Avogadro-

---

[1] R. Richarz, Wied. Ann. 52, 410, 1894.

[2] W. Weber, Elektrodynamische Maßbest., Leipzig 1871, 41.

[3] Ich selbst erweiterte diese Annahme dahin, die Bahn der Ströme sei gleichzeitig wellenförmig gestaltet, wodurch knotenförmige Ströme entstehen (Molekularphysik II 1889 S. 374—376 u. S. 393). Richarz hat die weitere Annahme gemacht, die bewegten Teilchen seien Helmholtzsche Energiequanten (Elektronen), wodurch quantitative Behandlung möglich wurde.

[4] Richarz selbst nahm dieselbe umgekehrt als bekannt an.

[5] Langevin, Ann. chim. phys. (8) 5, 70, 1905; W. Ritz, Ann. d. Phys. 25, 692, 1908; Gesammelte Werke Gauthier-Villars, Paris 1911; P. Weiß, Arch. sc. phys. et nat. (4) 31. mai 1911. Nach Heydweiller u. A. ist der von Weiß eingeführte Begriff des Magnetons mit Vorsicht aufzunehmen. Daß die parallele Anordnung der Molekularmagnete durch die thermische Bewegung gestört wird, wie Langevin annimmt, und demgemäß der Magnetismus mit zunehmender Temperatur abnehmen muß, hat nach briefl. Mitteilung von Hrn. Richarz bereits Clausius in seiner Vorlesung 1878 vorgetragen.

sche Zahl aus Beobachtungen über die Dissoziationswärme berechnen läßt. Auch hier stimmt die Größenordnung, so daß wahrscheinlich bei genauerer Kenntnis der Struktur der Moleküle auch ein ganz exakter Wert für die Molekülzahl pro kg zu gewinnen wäre. (Vgl. mein Buch Elektr. Lichterscheinungen 1898, 129).

XXVI. Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der geringsten Dicke von Schichten.

Die kapillare Ausbreitung von Öl auf Wasser ist nicht in beliebigem Maße möglich, sondern nur solange, bis schließlich nur noch eine einzige Molekülschicht übrig bleibt, d. h. bis die Dicke gleich dem Molekulardurchmesser geworden ist. Man sieht in der Tat schließlich scheinbar Löcher in der Ölhaut entstehen, welche den dunkeln Flecken auf einer Seifenblase entsprechen[1], und Stellen von minimaler Dicke darstellen, die nicht mehr unterschritten werden kann. Messungen ergaben, daß diese Dicke der Größenordnung nach dem Durchmesser der Moleküle entspricht. Ebenso kann man z. B. galvanoplastisch, wie sowohl optisch wie auch durch Messung des Polarisationsstroms nachweisbar, nicht beliebig dünne Stoffschichten auf Elektroden zur Ausscheidung bringen[2]. Die geringste Dicke auf chemischem Wege erzeugter Schichten läßt sich durch Prüfung der Benetzbarkeit oder ihrer katalytischen Wirkung fesstellen, die geringste Dicke einer durch Absorption entstandenen Wasserhaut durch Wägung, die geringste Dicke einer durch Kathodenzerstäubung entstandenen Metallschicht durch Interferenz der Lichtstrahlen usw. Im allgemeinen bestehen solche dünne Schichten den beobachteten Dicken zufolge immer noch aus einer erheblichen Zahl von Molekülschichten und, da man diese Zahl nicht genau zu bestimmen vermag, bleibt das Ergebnis unsicher. Jedenfalls wurde aber nie eine Schicht beobachtet, deren Dicke kleiner als der nach der früheren Methode bestimmte Molekulardurchmesser gewesen wäre. Ähnlich sind Versuche, die beschränkte Teilbarkeit der Materie nachzuweisen durch die geringste noch wahrnehmbare Färbung

[1] H. Devaux, Journ. d. phys. (5) II., 699, 891, 1912.

[2] Zahlenangaben und Literatur nach Koenigsberger siehe Landolt-Börnstein, Physik.-chem. Tabellen 4. Aufl. 1912 S. 146. Ferner: Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekular-Dynamik, Leipzig 1909, S. 229 u. ff.

äußerst verdünnter Farbstofflösungen, die geringste noch durch Flammenfärbung wahrnehmbare Menge von Metalldämpfen, die geringste noch wahrnehmbare Menge von Riechstoffen in der Luft usw. Berechnet man, wie in § IV gezeigt, aus dem Molekulardurchmesser und der Dichte die Molekülzahl pro kg, so ergibt sich natürlich ein mit dem früheren Werte übereinstimmendes Ergebnis, sofern der Molekulardurchmesser von gleicher Größe gefunden würde.

XXVII. Die Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Beugung von Röntgenstrahlen in Kristallen.

Die wunderbaren Kristallisationserscheinungen werden nur begreiflich, indem man den Molekülen richtende Kräfte zuschreibt, die sie befähigen, sich gegenseitig parallel zu richten, in welcher Tätigkeit man sie bei der Bildung und namentlich beim Zusammenfließen flüssiger Kristalle gewissermaßen auf der Tat beobachten[1] und z. B. durch mechanische Deformation, Einlagerung fremder Moleküle oder durch Einwirkung magnetischer Kräfte stören kann[2]. Die Entdeckung dieser flüssigen Kristalle erfolgte auf Grund von Untersuchungen über mechanisches Verbiegen der Kristalle, welches, wie z. B. G. Tammann[3] noch heute annimmt, lediglich durch die von E. Reusch[4] entdeckten Verschiebungen längs Gleitflächen ohne Störung des Raumgitters erfolgen sollte, soweit nicht Zertrümmerung des Kristalls eintritt, während nach meinen Beobachtungen bei weichen Kristallen[5] die Zertrümmerung eine so feine sein kann, daß die Trümmer als einzelne Moleküle aufgefaßt werden müssen und von Sprungbildung keine Rede sein kann, sondern nur von stetiger Verbiegung des Raumgitters. Die Auslöschungsrichtungen geben in diesem Fall nicht die Achsen von Trümmern,

---

[1] O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Kristalle. Leipzig, Akad. Verlagsges. 1911; Verh. d. D. phys. Ges. **13**, 338, 1911; Phys. Zeitschr. **12**, 540, 1911; Arch. sc. phys. nat. (4) **32**, 1, 1911; Ann. d. Phys. **35**, 193, 1911; **39**, 80, 1912; Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911 Nr. 22; 1912 Nr. 13.

[2] O. Lehmann, Phys. Zeitschr. **13**, 550, 1912.

[3] G. Tammann, Zeitschr. f. Elektrochem. 1912 S. 584 u. Zeitschr. f. phys. Chem. **80**, 687, 1912.

[4] E. Reusch, Pogg. Ann. **132**, 441, 1867.

[5] O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 479, 1877; Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 467, 1889; Flüssige Kristalle 1904.

sondern von Molekülen an, ein Beweis für deren Existenz. Es zeigt sich, daß sich diese gegenseitig so beeinflussen, wie kleine astatische Magnetsysteme (kreisende Elektronen)[1]. Infolge der molekularen Richtkraft häuft sich Schicht auf Schicht beim Wachsen der Kristalle zu einem regelmäßigen Raumgitter, in welchem die Moleküle nur noch um mittlere Lagen hin- und herschwingen können, und es scheint fast unmöglich, daß es bei den sich immer mehr verfeinernden Methoden der Physik nicht schließlich doch möglich sein sollte, wenn auch nur in unvollkommener Weise, das molekulare Raumgitter der Kristalle direkt zu sehen und so den genauesten Aufschluß über Zahl und Abstand der Moleküle, über ihre Größe und vielleicht auch ihre Form zu erhalten, sowie über den Zusammenhang dieser Raumgitteranordnung einerseits mit der chemischen Zusammensetzung der Moleküle, andererseits mit der äußeren Form der Kristalle, zu dessen Prüfung in der »Chemischen Kristallographie« von P. v. Groth bereits ein ungeheueres Zahlenmaterial vorliegt[2].

In der Tat ist es in neuester Zeit Prof. Dr. M. Laue in München (jetzt Zürich) und seinen Mitarbeitern[3] gelungen, einen ersten Erfolg in dieser Richtung zu erzielen.

Zur Erkennung sehr feiner Strukturen reicht das gewöhnliche Mikroskop bekanntlich nicht aus, weil störende Beugungserscheinungen auftreten, wenn die Größe der betrachteten Objekte von ähnlich kleiner Größenordnung wird wie die Größe der Lichtwellen, die im Mittel ein halbes Tausendstel Millimeter beträgt. Nur wenn die Lichtwellen noch bedeutend kleiner wären als die Objekte, wäre also eine deutliche und richtige Abbildung möglich. Zuweilen genügt die Anwendung von ultraviolettem Licht, welches aber nicht sichtbar ist, sondern nur auf die photographische Platte wirkt. Mittelst des Ultramikroskops ist man insofern weitergekommen, als man auf richtige Abbildung verzichtet und sich mit Beugungsbildchen begnügt, die immerhin z. B. die Zahl der

---

[1] O. Lehmann, Physik. Zeitschr. **10**, 553, 1909.

[2] E. v. Fedorow in St. Petersburg, Zeitschr. f. Kristallographie **50**, 513, 1912 stellte Tabellen von zirka 10000 kristallographisch untersuchter Stoffe zusammen, aus welchen nach der Kristallform einer gegebenen Substanz deren chemische Zusammensetzung ermittelt werden kann.

[3] W. Friedrich, P. Knipping u. M. Laue, Sitzb. d. K. Bayer. Akad. 6. Juli 1912 S. 303 u. M. Laue ebenda S. 363.

vorhandenen Objekte, etwa Partikelchen in einer kolloidalen Lösung, festzustellen gestattet, während deren Form unbestimmt bleibt. Die Methode ist aber nur anwendbar, wenn sich die kleinen Objekte in verhältnismäßig großen Abständen voneinander befinden und größeren Durchmesser als 1 Milliontel Millimeter Durchmesser haben. Selbst bei kolloidalen Lösungen sind die feinsten Partikelchen mittelst des Ultramikroskops nicht mehr erkennbar. Um also Sichtbarmachung molekularer Strukturen zu ermöglichen, ist mit Rücksicht darauf, daß der Molekulardurchmesser nach den mitgeteilten Versuchsergebnissen von der Ordnung $\frac{1}{10}$ Milliontel Millimeter sein muß, eine Strahlung anzuwenden, deren Wellenlänge bedeutend kleiner ist als die der gewöhnlichen Lichtstrahlen. Solche Strahlen können nach Sommerfeld und Laue mittelst der Röntgenstrahlen erzeugt werden.

Die Röntgenstrahlen entstehen bekanntlich durch plötzliche Bremsung von Kathodenstrahlen, d. h. rasch bewegter negativer Elektronen. Von dem diese begleitenden magnetischen und elektrischen Feld löst sich beim Aufstoßen auf die Moleküle der Antikathode (welche z. B. ein Platinblech sein kann) ein Teil ab, der nun mit Lichtgeschwindigkeit frei in den Raum hinauseilt und, falls er die Moleküle eines sog. Fluoreszenzschirms trifft, diese zur Aussendung von Lichtstrahlen veranlaßt. Nach den Untersuchungen von Barkla[1] erleiden die Röntgenstrahlen in dem Körper, welchen sie treffen, eine Zerstreuung ähnlich wie Lichtstrahlen in Emulsionen und sonstigen trüben Medien. Außerdem erregen sie die Atome, auf welche sie treffen, zu Eigenschwingungen, welche für diese charakteristisch sind. Es handelt sich also dabei um Vorgänge ähnlicher Art, wie sie anfänglich bei kolloidalen Goldlösungen besprochen wurden, wobei ebenfalls jedes Goldteilchen zu mehreren Partialschwingungen angeregt wird. Im allgemeinen sind aber die von den Röntgenstrahlen derart geweckten Sekundärstrahlen ebensowenig sichtbar wie die Röntgenstrahlen selbst und können nur durch ihre Wirkung auf die photographische Platte nachgewiesen werden. Die Energiequantentheorie, von welcher ich zu Anfang des Jahres berichtete, ergibt, daß ihre Wellenlänge außerordentlich klein sein muß[2].

[1] C. C. Barkla, Phil. Mag. z. T. **22**, 396, 1911.

[2] W. Wien, Gött. Nachr. 1907, 598; J. Stark, Phys. Zeitschr. **8**, 881, 1907.

Ist nämlich n die Schwingungszahl eines molekularen Resonators und h das Wirkungsquantum, so beträgt jedes ausgesandte Energiequantum $h \cdot n$. Bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen wird die in einem Elektron aufgespeicherte kinetische Energie, welche, nachdem es die Spannungsdifferenz E durchlaufen hat, $0{,}156 \cdot 10^{-18} \cdot E$ Joule beträgt, während seiner Bremsung vollständig ausgestrahlt. Die Zeitdauer der Bremsung ist $\frac{\lambda}{2 \cdot 3 \cdot 10^8}$ Sekunden, wenn λ die Wellenlänge der erzeugten Röntgenstrahlen bedeutet. Es ist somit $0{,}156 \cdot 10^{-18} \cdot E = h \cdot n = h \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda}$, also $\lambda = \frac{h \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^8}{0{,}156 \cdot 10^{-18} \cdot E}$. Da nun, wie früher gezeigt[1], das Wirkungsquantum $h = 6{,}55 \cdot 10^{-34}$ ist und die zur Erzeugung der Röntgenstrahlen nötige Spannung $E = 60\,000$ Volt, so folgt $\lambda = 60 \cdot 10^{-12}$ Meter, d. h. $0{,}06 \cdot 10^{-6}$ mm, in Worten, etwa ein halbes Zehntel von einem Milliontel Millimeter. Solche Röntgenstrahlen könnten also, da ihre Wellenlänge kleiner ist als der Durchmesser eines Atoms, dazu dienen, die Atome wenn auch nicht direkt sichtbar zu machen, doch wenigstens durch sie hervorgerufene Beugungserscheinungen zu photographieren. Versuche, solche Beugungserscheinungen mittelst sehr enger Spalten nachzuweisen, die vielfach und mit großer Sorgfalt durchgeführt worden sind[2], hatten nun das Ergebnis, daß die Wellenlänge der Röntgenstrahlen, wenn es dabei überhaupt nicht nur zur Ausstrahlung einzelner Impulse, d. h. einzelner Felder, sondern von Serien abwechselnd gerichteter Felder, also von elektromagnetischen Wellen kommt, $\lambda \leqq 0{,}04$ Milliontel Millimeter sein muß, was mit dem berechneten Werte gut übereinstimmt. Deutliche Beugungserscheinungen waren aber nicht zu erhalten, wohl weil die Natur der Röntgenstrahlen zu sehr von der der gleichmäßigen elektromagnetischen Strahlung abweicht. Man konnte aber erwarten, daß die von ihr geweckte sekundäre Strahlung bei gleich geringer Wellenlänge der Lichtstrahlung ähnlicher sein würde und hier setzten nun die Versuche von Laue ein. Läßt man ein Bündel Röntgenstrahlen auf eine Kristallplatte fallen, welche ein kubisches Raumgitter von Atomen darstellen möge, so wird jedes Atom zum Ausgangspunkt einer sekundären

[1] O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **10**, 283, 1912.

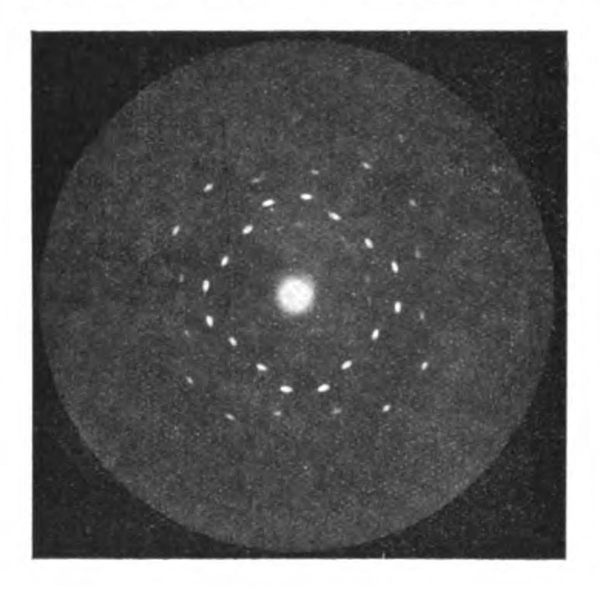
[2] H. Haga u. C. H. Wind, Wied. Ann. **68**, 884, 1899; Ann. d. Phys. **10**, 305, 1903; B. Walter u. R. Pohl, Ann. d. Phys. **25**, 715, 1908; **29**, 331, 1909; A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. **38**, 473, 1912.

Röntgenstrahlung und diese Strahlen werden, weil sie alle gleiche Phase haben (kohärent sind, wie man sagt), in ähnlicher Weise miteinander interferieren, wie etwa die Strahlen bei dem bekannten Fresnelschen Spiegelversuch oder wie die Strahlen, welche aus einem Beugungsgitter austreten. Die Avogadrosche Zahl ermöglicht die Gitterkonstante, d. h. den Abstand zweier Gitterstäbe oder richtiger Gitterpunkte, da es sich um ein Kreuzgitter handelt, und damit die Verteilung der Strahlen nach dem Durchgang durch die Kristallplatte voraus zu berechnen. Umgekehrt wird man aus den beobachteten Interferenzerscheinungen wieder einen neuen Wert der Avogadroschen Zahl ableiten können.

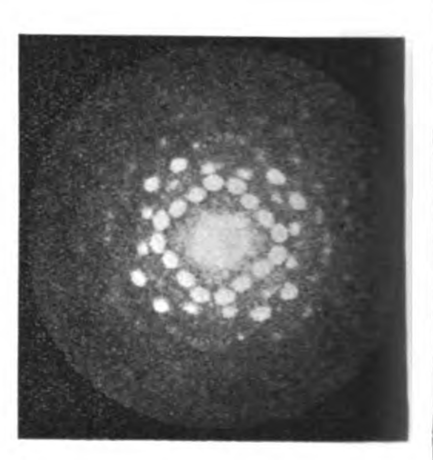
Für Kristalle von Schwefelzink beispielsweise wäre jeder Elementarwürfel des kubischen Raumgitters gleich dem Volumen eines Moleküls zu setzen. Nun ist das Molekularvolumen, d. h. der Quotient der Masse von 1 kg-Mol gemessen in kg (d. h. von M Kilogramm) und der Dichte δ gemessen in kg pro cbm das Volumen von N solchen Würfeln, wenn N die Avogadrosche Zahl, welche ja die Zahl von Molekülen in einem kg-Mol ist. Demgemäß ist das Volumen eines Würfels $\frac{M}{N \cdot \delta}$, somit die Seitenlänge des Würfels, d. h. der Abstand zweier Moleküle oder die Gitterkonstante: $\sqrt[3]{\frac{M}{N\delta}}$. Für Schwefelzink ist $M = 65{,}4 + 32 = 97{,}4$, $\delta = 4{,}06$, $N = 617 \cdot 10^{24}$, also die Gitterkonstante $= 3{,}38 \cdot 10^{-10}$ Meter $= 0{,}338$ Milliontel Millimeter. Die Verteilung der Lichtflecke auf einem in größerem Abstand hinter der Kristallplatte aufgestellten Fluoreszenzschirm bezw. der dunklen Flecke auf einer photographischen Platte, wird also ungefähr der bei einem Kreuzgitter von dieser Konstante entsprechen müssen, doch ist zu berücksichtigen, daß das Raumgitter aus einer Serie parallel hintereinander gestellter Kreuzgitter besteht, so daß also von den durch ein Kreuzgitter erzeugten Lichtflecken ein Teil durch die von andern kommenden Strahlen durch Interferenz ausgelöscht, ein anderer Teil verstärkt wird. Die Rechnung ergibt eine annähernd ringförmige Verteilung der übrig bleibenden verstärkten Lichtflecken rings um den zentralen durch die direkten Röntgenstrahlen hervorgebrachten Fleck. Tatsächlich wurden die erwarteten Flecke erhalten (Fig. 8 u. 9) und zwar mit so großer Schärfe, daß genaue Ausmessung und Prüfung der Übereinstimmung mit den berech-

neten Werten möglich war und keine Möglichkeit vorzuliegen scheint, das Phänomen in anderer Weise zu deuten[1].

Aus dem angegebenen Wert der Gitterkonstanten und der beobachteten Verteilung der Lichtflecke ist zu schließen, die sekundäre Strahlung bestehe aus mehreren Partialwellen (ähnlich wie sich solche bei den Goldpartikelchen ergeben hatten), deren Wellenlängen zwischen 0,013 und 0,052 Milliontel Millimeter liegen, also nur etwa ein Zehntel des Molekulardurchmessers betragen. So wird verständlich, daß diese enorm feine Kristallstruktur, wenn



Figur 8.



Figur 9.

auch nur indirekt, durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen sichtbar und weiterer Untersuchung zugänglich gemacht werden kann. Es liegt darin auch ein neuer Beweis, daß die früher abgeleiteten Werte für die Avogadrosche Zahl und den Durchmesser der Moleküle somit auch die Zahl der Moleküle in 1 kg wenigstens der Größenordnung nach[2] richtig sein müssen.

[1] Einen derartigen Versuch macht J. Stark, Phys. Zeitschr. **13**, 973, 1912, indem er annimmt, in dem Raumgitter existierten verhältnismäßig weite Kanäle, »Lichtschächte«, durch welche die Lichtzellen der Röntgenstrahlen, wie sie die »Lichtzellentheorie« annimmt, oder Elektronen, wie bei Kathodenstrahlen, besonders leicht hindurchdringen können. Die Erscheinung wird aber tatsächlich wohl nur verständlich durch die bedeutende Verstärkung, welche die nicht ausgelöschten Strahlenbündel durch die Interferenz erfahren. Die Lichtschachttheorie ergibt eine solche Verstärkung nicht.

[2] Ein Beweis dafür, daß die Kristallmoleküle gleich den Gasmolekülen sein müssen, wie G. Tammann, Ber. d. D. chem. Ges. **44**, 3627, 1911 aus anderen

Jedenfalls dürfen wir heute dreist von Molekülen sprechen und versuchen, wie sich aus deren Eigenschaften das Verhalten der Stoffe auf dem Wege der Rechnung ableiten läßt.

XXVIII. Gestalt und innere Beschaffenheit der Moleküle.

Sichergestellt scheinen namentlich folgende Ergebnisse: 1. In 1 kg eines beliebigen Stoffes vom Molekulargewicht M sind $\frac{640}{M}$ Quadrillionen Moleküle enthalten. 2. In 1 cbm eines Gases oder einer verdünnten Lösung von 0° und der Expansivkraft bezw. dem osmotischen Druck 101 365 Dezimegadynen pro qm befinden sich 31,5 Quadrillionen Moleküle. 3. In einem Kristall sind die Moleküle in Raumgitterart angeordnet, derart daß die Abstände durch das Molekularvolumen bestimmt werden.

Welches dagegen die Form der Moleküle ist und die Natur der sie zusammenhaltenden Kräfte, ist noch immer unaufgeklärt, so daß auch heute noch der Physiker die Eigenschaften eines Stoffes nicht in der Weise vorauszuberechnen vermag wie der Techniker die Leistungen einer Maschine, deren einzelne Teile er nach Maß und Wirkungsart genau kennt. Immerhin dürfte durch die dargelegten Forschungen, besonders durch die Entdeckung des Herrn Laue, ein großer Fortschritt erzielt sein[1]. Sehr wesent-

Gründen annimmt, läßt sich daraus nicht ableiten, denn wenn (meiner Ansicht zufolge) die Kristallmoleküle lockere Aggregat der Gasmoleküle sind, so werden bei der großen Dichte der Kristalle die tatsächlichen Abstände der Gasmoleküle nahe dieselben sein, wie wenn sie nicht zu Kristallmolekülen verbunden wären.

[1] Von großem Interesse erscheinen auch die Ergebnisse von E. v. Fedorow, Zeitschr. f. Kristallogr. **38**, 321, 1904; **42**, 9, 1907; **50**, 522, 1912, welchem gelungen ist, die Regel für die richtige Aufstellung, d. h. die Wahl der Haupt- und Nebenachsen bei Kristallen zu finden. Man kann hiernach zwei Extreme in der Reihe der Kristallformen unterscheiden, nämlich Blättchen und Nadeln und in jedem Fall wieder solche mit viereckigem und solche mit sechseckigem Querschnitt (Raumgitter). Bei den Blättchen ist die Dichte im Raumgitter in der Ebene der Blättchen am größten, diese ist deshalb Spaltungsebene; bei den Nadeln ist die Dichte der Molekularanordnung in der Richtung der Längsachse am größten, die Spaltebenen sind dieser parallel. Läßt man einen kugelförmig geschliffenen Kristall wachsen (s. D. N. Artemiew, Zeitschr. f. Kristallogr. **48**, 422, 1911), so erscheinen zunächst die Flächen größter Netzdichtigkeit, welche man auch unabhängig hiervon auf statistischem Wege ermitteln kann, insofern sie die am häufigsten zu beobachtenden und vorwiegenden sind. Anfänglich treten dann bei Ergänzung der Kugel zum polyedrischen Kristall auch noch seltenere Flächen auf, sie verschwinden aber infolge der Vergrößerung der Flächen größter Netzdichtigkeit und zwar am schnellsten diejenigen, welche minimaler Netzdichtigkeit entsprechen. Man kann also sowohl durch Wachstumsbeobachtungen bei

lich ist auch für den Fortgang der Untersuchungen die durch Entdeckung des radioaktiven Atomzerfalls geschaffene Vereinfachung, insofern es nicht mehr nötig erscheint, verschiedenartige nicht ineinander verwandelbare Materien anzunehmen, so wie schon die Gravitationserscheinungen vor langer Zeit dahin geführt hatten, eine einzige Urmaterie anzunehmen. Daß ein Stück Blei durch die gleiche Kraft geringere Beschleunigung erfährt wie ein Stück Holz, kann mit Rücksicht darauf, daß es gleichschnell fällt wie dieses, nur so erklärt werden, daß es in der Raumeinheit mehr Materie (Masse) enthält, daß es dichter ist, und gleiches gilt für die verschiedenartigen Atome. Freilich lehrt die Relativtheorie[1], daß der Begriff der »Masse« nur relativen Wert hat, so daß man dahin gelangt, nur den Elektronen reale Existenz zuzuschreiben, wobei freilich schon die Erklärung der Gravitationserscheinungen Schwierigkeiten bereitet[2], sowie die Erklärung der elektrischen, magnetischen und optischen Erscheinungen ohne Annahme eines Äthers, wie es das Relativitätsprinzip anscheinend fordert. Entgegengesetzter Ansicht ist allerdings z. B. G. Mie, welcher sich in folgender Weise ausspricht:[3] »Was die in neuerer Zeit gewonnenen Erfahrungstatsachen über das Wesen der Atome aussagen, ist im wesentlichen doch immer nur etwas Negatives, nämlich daß in ihrem Innern die Gesetze der Mechanik und die Maxwellschen Gleichungen nicht

---

Kugeln, wie auf statistischem Wege die natürlichen Achsen der Kristalle finden, wobei sich herausstellt, daß dies zugleich diejenigen sind, für welche die Flächensymbole die einfachsten werden. Stellt man nun die Blättchen (positiven Kristalle) so auf, daß die Senkrechte zur Blättchenebene vertikal ist, Nadeln (negative Kristalle) so, daß die Längsrichtung normal ist, so werden die Kristalle der verschiedenartigsten Stoffe miteinander vergleichbar, derart daß man in richtiger Weise den Einfluß der Beschaffenheit der Moleküle auf die Kristallform ermitteln kann und umgekehrt aus dieser die Beschaffenheit der Moleküle.

Von großem Interesse ist ferner, daß man durch Gleichsetzung der auf verschiedenen Wegen ermittelten Zahlen der Moleküle in 1 kg quantitative Beziehungen zwischen Erscheinungen erhält, die in gar keinem direkten Zusammenhang stehen.

[1] Siehe M. Laue, Das Relativitätsprinzip, Fr. Vieweg & Sohn 1911; O. Lehmann, Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **23**, 51, 1910; Aus der Natur **7**, 705, 1911.

[2] S. M. Abraham, Phys. Z. **13**, 310, 793, 1912; Ann. d. Phys. **38**, 1056, 1912; **39**, 444, 1912. Abraham bestreitet die Richtigkeit der Einsteinschen Relativtheorie, welche konstante Lichtgeschwindigkeit annimmt, er betrachtet vielmehr letztere als Funktion des Gravitationspotentials, so daß z. B. ein in der Nähe der Sonne vorbeigehender Lichtstrahl eine Ablenkung erfahren müßte.

[3] G. Mie, Ann. d. Phys. **37**, 511, 1912; Grundlagen einer Theorie der Materie.

gelten können . . . Es scheint mir also . . . unbedingt notwendig zu sein, der Theorie von der Materie eine neue Grundlage zu schaffen . . . Die nächsten Ziele . . . sind: Die Existenz des unteilbaren Elektrons zu erklären und: Die Tatsache der Gravitation mit der Existenz der Materie in einem notwendigen Zusammenhang zu sehen ... Die Grundannahme meiner Theorie ist, daß auch im Innern der Elektronen elektrische und magnetische Felder auftreten[1]. Die Elektronen und demnach überhaupt die kleinsten Teile der Materie sind nach dieser Auffassung, also mit dem Weltäther nicht wesensverschieden, . . . sie sind nur Stellen, wo der Äther einen ganz besonderen Zustand angenommen hat, den wir durch das Wort elektrische Ladung bezeichnen . . .[2]. Das Elektron ist kein scharf begrenztes Raumteilchen im Äther, sondern es besteht aus einem Kern, der kontinuierlich in eine Atmosphäre von elektrischer Ladung übergeht, die sich bis ins Unendliche erstreckt[3], aber schon ganz nahe am Kern so außerordentlich dünn wird, daß man sie auf keine Weise experimentell bemerken kann . . .« G. Mie findet, daß diese Hypothese zu einer allgemeinen Form für die Grundgleichungen der Ätherphysik führt, wenn man außerdem noch die weiteren Annahmen hinzufügt, daß das Relativitätsprinzip allgemeine Gültigkeit haben soll, und daß die bisher bekannten

---

[1] J. Stark, Phys. Zeitschr. **8**, 883, 1907, nimmt an, das positive Elementarquantum (Archion) sei eine Struktur aus negativen Elektronen, was man sich schwer vorstellen kann. Da die Feldstärke die Kraft auf ein bestimmtes Quantum Elektrizität ist, ein solches aber im Innern eines Elektrons nicht vorhanden gedacht werden kann, weil eben das Elektron auch wohl hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung die kleinste Elektrizitätsmenge ist, ist undeutlich, was Feldstärke im Innern eines Elektrons bedeutet. Die scheinbare Masse eines Elektrons ist nach den Versuchen von W. Kaufmann 1000 bis 2000 mal kleiner als die wägbare Masse eines Wasserstoffatoms, etwa = $1,56 \cdot 10^{-30}$ kg; der Durchmesser muß etwa 10^{-12} (ein Billiontel) mm betragen. Wäre die Masse eines Archions auch nur scheinbar, so wäre sein Durchmesser 10^{-17} mm. Siehe ferner J. J. Thomson, Die Korpuskulartheorie der Materie, Braunschweig 1908.

[2] Dies erinnert an W. Thomsons Wirbelatomtheorie, siehe O. Lehmann, Molekularphysik **2**, 372, u. ff., 1889; J. J. Thomson, Phil. Mag. March. 1904; May 1911; Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekulardynamik, Deutsch von B. Weinstein, Leipzig 1909; W. Wien, Ann. d. Phys. **5**, 507, 1901; G. Mie, Lehrb. d. Elektr. u. d. Magnet., Stuttgart 1910, Enke, S. 692; P. Lenard, Sitzb. der Heidelb. Akad. 1910, Nr. 16 und J. W. Nicholson, Phil. Mag. **22**, 864, 1911 und Monthly Notices of the Royal Society **72**, Nr. 1, 2, 8, 1911 u. 1912.

[3] Schon Faraday nahm unendliche Ausdehnung der Atome an, siehe O. Lehmann, Die elektrischen Lichterscheinungen. Halle 1898, 473.

Zustände des Äthers[1], nämlich elektrisches Feld, magnetisches Feld, elektrische Ladung und Ladungsstrom vollständig ausreichen, um alle Erscheinungen in der materiellen Welt (auch der lebenden) zu beschreiben. Auch das Prinzip der Erhaltung der Energie und das der Möglichkeit ihrer Lokalisierung[2] sind noch beizufügen.

Richtig ist jedenfalls, daß Theorie und Experiment zusammenarbeiten müssen, um weitere Fortschritte zu erzielen. Mir erscheint als besonders aussichtsvoll, eine theoretische Bearbeitung des Übergangsgebietes zwischen flüssigen und festen Körpern, speziell der Erscheinungen bei weichen, leicht deformierbaren und besonders bei flüssigen Kristallen[3], um so mehr, als deren Verhalten mit verschiedenen Grundannahmen der herrschenden Theorien noch nicht stimmen will[4]. Es scheint möglich zu sein, dasselbe durch elektrische und magnetische Kräfte zu erklären[5], doch ist eine quantitative Ableitung der Eigenschaften flüssiger Kristalle, sowie der der Kristalle und der Materie überhaupt aus dieser Annahme zurzeit nicht möglich.

---

[1] Dessen Existenz aber nach M. Planck mit dem Relativitätsprinzip nicht vereinbar ist.

[2] Welche aber z. B. im Fall der Gravitation große Schwierigkeiten bietet.

[3] Es sei insbesondere auch auf die pseudoisotropen Schichten (s. Die neue Welt der flüssigen Kristalle S. 196) hingewiesen, welche nach der Kontinuumstheorie ebenso homogen und regelmäßig sind, wie die Schichten homogener regelmäßiger Raumgitterstruktur (ebenda S. 222), so daß also ohne Molekulartheorie der Unterschied nicht erklärt werden kann; ferner auf die erzwungene Homöotropie (ebenda S. 183), speziell auf die Erscheinungen beim Strömen in Kapillarröhren (Heidelb. Sitzb. 1911 Nr. 22 Taf. III Fig. 17 u. 18), da in Anbetracht der rascheren Strömung in der Achse und der Konstanz der Interferenzstreifen folgt, daß die Moleküle blättchenförmig sein müssen (vgl. auch Ann. d. Phys. **19**, 408, 1906), da Stäbchen schiefe Stellung annehmen würden. Weiter sind von Interesse die stetige Änderung der Auslöschungsrichtungen bei Deformation der Kristalle (s. S. 49) und der bei intensiver seitlicher Beleuchtung der Kristalltropfen im Dunkelfeld auftretende Tyndalleffekt.

[4] H. v. Wartenberg, Phys. Zeitschr. **12**, 837, 1230, 1911, u. G. Tammann, Ber. d. D. chem. Ges. **44**, 3627, 1911; dazu O. Lehmann a. a. O. **13**, 550 (Anm. 4), 1912, u. Zeitschr. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910

[5] O. Lehmann, Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 343 ff. Siehe ferner H. Kamerlingh Onnes u. W. H. Keesom, Die Zustandsgleichung, Enzykl. Math. Wiss. **5**, (10) 711, 1912, wo auch ältere Literatur (F. Richarz, J. J. Thomson, Lord Kelvin, P. Lenard, J. Stark usw. zitiert ist); ferner M. Reinganum, Ann. d. Phys. **10**, 334, 1903; **38**, 649, 1912; W. Voigt, Gött. Nachr. **34**, 1887, u. zahlreiche spätere Arbeiten; J. Beckenkamp, Zeitschr. f. Krist. **27**, 6, 1897 u. später, zuletzt: Ann. d. Phys. **39**, 346, 1912; E. Madelung, Zeitschr. f. Krist. **13**, 489, 1912 (Erklärung der Molekularkräfte durch eine diffuse den Raum erfüllende elektromagnetische Strahlung von der Wellenlänge der Röntgenstrahlen).

Über die Strahlungsgesetze, das Wirkungsquantum und das Nernstsche Theorem.

Von **H. Sieveking** und **E. Viefhaus**[1].

1. Einleitung.

Es sind jetzt bald 25 Jahre vergangen, seit H. Hertz seine epochemachenden Entdeckungen in den klassischen Arbeiten »über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen«, und »über die Strahlen elektrischer Kraft« in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften bekannt gab. Mit einem Schlage hob sich der Schleier, der das große Gebiet der Elektrizitätslehre verhüllt hatte. Der Nachweis stehender Wellen im Auditorium des Karlsruher Instituts, ihre Brechung im Prisma und Reflexion an Spiegeln enthüllten Ausbreitungsgeschwindigkeit und Wellennatur der elektrischen Schwingungen. Nicht nur die praktischen Erfolge dieser Entdeckung, die Hertzsche Funkentelegraphie mit ihrer selbst dem Laien verständlichen Tragweite zeigen den Wert dieser Versuche, noch mehr ist es der Erfolg der reinen Wissenschaft, der Zeit, Ort und Hilfsmitteln dieser Entdeckung für immer eine historische Bedeutung verleiht. War doch die Brücke geschlagen zwischen zwei großen Gebieten der Physik, der Elektrizität und der Optik. Die Faraday-Maxwellsche Theorie von der Verwandtschaft des Lichtes und der Elektrizität hatte ihre experimentelle Bestätigung gefunden; es war bewiesen, daß sich die elektrischen Kräfte mit einer zwar ungeheuer großen, aber doch endlichen, meßbaren Geschwindigkeit ausbreiten, die ebenso groß ist wie die des Lichtes.

Freilich war damit die Frage nach dem Wesen der Elektrizität noch nicht gelöst; aber man hatte in ihr eine neue Form der Energie erkannt, die sich nach den gleichen Gesetzen, wie die strahlende Wärme und die sichtbaren Lichtstrahlen fortpflanzte. Die älteren Auffassungen der Elektrizität als eines Fluidums, die

[1] Nach einem Vortrag und der Bearbeitung einer Preisaufgabe.

sich wohl hauptsächlich der bequemen und anschaulichen Darstellungsweise halber so lange gehalten hatten, waren jetzt hinfällig geworden und der energetische Charakter trat mehr und mehr in den Vordergrund.

Wie bei jeder Theorie, so stellten sich auch in diesem Falle bald Schwierigkeiten ein und das Bedürfnis nach einer Erweiterung. Es ist bekannt, wie sich aus dem Ausbau der Hertz-Maxwellschen Theorie durch H. A. Lorentz, die neue Theorie der Elektrizität — die Elektronentheorie — entwickelt hat, die, ohne auf die Maxwellschen Gleichungen zu verzichten, durch passende Erweiterung der Auffassung und der Form zu so schönen Resultaten geführt hat. Das Wesentliche dieser neuen Auffassung ist die Erkenntnis, daß die Elektrizität atomistischen Charakter haben muß, daß es ein elektrisches Elementarquantum gibt, eine genau definierte Menge von Elektrizität, die den kleinsten selbständig in Aktion tretenden Betrag darstellt. Es liegt nun die Frage nahe, wie sich diese Auffassung mit obiger energetischen verträgt: Auf den ersten Blick gar nicht, da man — wie das ja auch in den ganzen Vorstellungen von Faraday und Maxwell begründet ist — die Energie als etwas kontinuierliches und von allen Eigenschaften, die dem Stofflichen anhaften, unabhängiges sich gedacht hatte. Dieser Widerspruch scheint jetzt gemildert, da in neuester Zeit auch die Energie einen atomistischen Charakter gewonnen hat, als Frucht der Forschungen unserer führenden theoretischen Physiker. Bei dem Versuch, die experimentellen Ergebnisse der Versuche über die Strahlung theoretisch zu deuten, ist Max Planck zu der Auffassung gelangt, daß die Energie, die ein schwingendes System aufnimmt oder abgibt, nicht kontinuierlich absorbiert oder emittiert wird, sondern staffelweise, in sogenannten Energiequanten. Es ist dies eine Idee von ungeheurer Tragweite. Wie der vor kurzem verstorbene französische Mathematiker Poincaré [1] sagt, bedeutet sie die größte und tiefste Umwälzung der Naturphilosophie seit Newton.

Mit diesen Energiequanten soll sich die vorliegende Arbeit beschäftigen. Es sei zuerst eine historische Übersicht des Entwicklungsganges der Strahlungstheorie wieder gegeben, dann die Überlegungen, die zu der Einführung dieses neuen Begriffes geführt haben, darauf die Erfolge der neuen Auffassung, sowie die entgegen-

[1] H. Poincaré, Journ. de Physique: Sur la théorie des Quanta II, Jan. 1912.

gehaltenen Argumente; die Erfolge liegen hauptsächlich auf zwei Gebieten, einmal der erfolgreichen Wiedergabe der beobachteten Resultate der Strahlung durch die Theorie, zweitens der Erweiterung unserer Kenntnisse von der Natur der festen Körper. Über den Energieinhalt derselben, über die spezifische Wärme und ihr Verhalten bei tiefen Temperaturen gibt die von Einstein und Nernst erweiterte Plancksche Theorie ganz neue Aufschlüsse. Zum Schlusse sei kurz hingewiesen auf die neuesten Versuche, auch beim Magnetismus elementare Momente zu konstruieren.

2. Entwicklung der Strahlungstheorie.

Die Vorgänge der Emission der sichtbaren und der ihnen benachbarten ultraroten und ultravioletten Strahlen zerfallen in zwei wesentlich verschiedene Klassen, erstens diejenige, bei welcher die ausgesandte Strahlung lediglich von der Temperatur abhängt, die sogenannte »reine Temperaturstrahlung«, zweitens diejenige, bei welcher die Temperatur keine wesentliche oder doch nicht die einzig wesentliche Rolle spielt; letztere, die man als »Luminiszenz« bezeichnet, spielt bei unseren Betrachtungen einstweilen keine Rolle.

Das Gebiet der Temperaturstrahlung ist ein sehr großes; es umfaßt z. B. alle Vorgänge, welche man in den künstlichen Leuchtquellen als Lichtquelle benutzt; die Licht- und Wärmestrahlung, die von der Sonne zur Erde durch den Weltenraum gelangt und die Quelle aller Bewegung und alles Lebens auf der Erde ist, stellt uns den Strahlungs-Vorgang wohl im größten und schönsten Maßstabe dar.

Wenn wir einen Körper erwärmen, z. B. mit Hilfe einer Flamme, so wird seine Temperatur stetig immer höher. Wir denken uns den Vorgang so, daß die Moleküle des Körpers in immer heftigere Bewegung geraten. Äußerlich verrät sich dies bei festen und flüssigen Körpern durch die räumliche Ausdehnung; dem Gefühl verrät sich die Wirkung durch etwas mit unseren Gefühlsnerven wahrnehmbares, das wir als Wärme bezeichnen. Bei Gasen zeigt sich ebenfalls eine relativ noch stärkere Volumenvergrößerung oder bei konstant gehaltenem Volumen eine Zunahme des Druckes. Das Maß der hypothetischen Bewegung der einzelnen Moleküle oder ihre lebendige Kraft ist die Temperatur.

Wenn ein Körper z. B. ein Stück Eisen über eine bestimmte Temperatur erhitzt wird, so beginnt er meist eine dem Auge sichtbare Strahlung auszusenden und zwar glüht er bei 525° rot, bei 1000° gelb, bei 1200° weiß. Er sendet dann außer den Wärmestrahlen auch Lichtstrahlen aus. Man nennt diesen Vorgang »Emission«. Umgekehrt erwärmt sich ein Körper, wenn Licht- oder Wärmestrahlen auf ihn auftreffen. Hierbei zeigen sich sehr charakteristische Unterschiede; erfahrungsgemäß steht fest, daß dunkle Körper bei gleicher Bestrahlung ungleich mehr Energie aufnehmen, weiße dagegen viel mehr zurückwerfen; ersteren Vorgang nennt man Absorption, letzteren Reflexion.

Einen Körper, der alle auf ihn treffende Strahlung absorbiert, nennt man »einen vollkommen schwarzen« Körper; ein solcher existiert in Wirklichkeit nicht, er ist ein Idealfall, von dessen Verwirklichung man nicht weit entfernt ist. Lampenruß und Platinschwarz zeigen mit großer Annäherung das Verhalten des idealen schwarzen Körpers und noch angenäherter wird die schwarze Strahlung durch einen Hohlraum mit kleiner Öffnung realisiert.

Unter Einführung dieses schwarzen Körpers hat Kirchhoff im Jahre 1860 ein Gesetz aufgestellt, das aussagt: Das Emissionsvermögen eines beliebigen Körpers ist gleich seinem Absorptionsvermögen multipliziert mit dem Emissionsvermögen eines vollkommen schwarzen Körpers; oder: Das Verhältnis zwischen Emission und Absorption eines jeden Körpers ist gleich der Emission des vollkommen schwarzen Körpers

$$\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = S_\lambda$$

Ist $A_\lambda = 1$, so wird $E_\lambda = S_\lambda$; also ist S_λ das Emissionsvermögen eines Körpers, dessen Absorptionsvermögen 1 ist, d. h. eines Körpers, der alle Strahlen der Wellenlänge λ absorbiert. Wenden wir diese Gleichung der Reihe nach auf alle verschiedenen Wellenlängen an, so stellt S_λ die Emission eines Körpers für alle Wellenlängen dar, dessen Absorptionsvermögen für alle Wellenlängen gleich 1 ist; das ist der »absolut schwarze Körper«.

Die wichtigste Folgerung aus dem Kirchhoffschen Gesetz ist die, daß ein Körper, der für die Strahlen einer bestimmten Wellenlänge ein bevorzugtes Emissionsvermögen besitzt, für die-

selben Strahlen auch ein besonders ausgeprägtes Absorptionsvermögen besitzen muß; das ist das Grundprinzip der Fraunhoferschen Linien. Es ist freilich ein viel allgemeinerer Vorgang und zwar der Ausdruck einer allgemeinen Eigenschaft aller Resonanzphänomene. Alle schwingenden Systeme vermögen Schwingungen ihrer Eigenfrequenz am besten zu absorbieren.

Strahlentheoretisch ist das Gesetz von Kirchhoff die erste feste Basis. Für die reine Temperaturstrahlung setzt es die Emission aller in der Natur vorkommenden Körper in eine einfache Beziehung zu der eines Grundkörpers. Kirchhoff selbst hat die Bedeutung seines Satzes scharf hervorgehoben, und ausgesprochen, daß die ganze Fruchtbarkeit dieses Gesetzes sich erst zeigen werde, wenn auf experimentellem Wege die Form der Funktion gefunden sein werde, die die Strahlung des schwarzen Körpers für jede Wellenlänge und jede Temperatur zu bestimmen gestattet.

Von den verschiedenen Versuchen, eine solche Beziehung zu finden, seien alle übergangen bis zu der im Jahre 1879 von Stefan formulierten Annahme:

$$E = \sigma T^4;$$

dieser auf rechnerischem Wege aus den Resultaten anderer Forscher abgeleitete Satz sagt aus, daß die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur sei.

Eine theoretische Herleitung des Gesetzes gab 1889 Boltzmann auf thermodynamischer Grundlage und unter Annahme des Maxwell-Bartolischen Strahlungsdruckes. Die Strahlungsenergie im Innern eines Hohlraumes, der durch einen beweglichen Stempel verschlossen ist, wird einmal zur Temperatursteigerung, dann auch zur Arbeitsleistung durch Verschiebung des Stempels um die Strecke x verwendet.

$$J\,dQ = d(xE) + p\,dx = E\,dx + x\,dE + \frac{E}{3}\,dx, \text{ da } p = \frac{E}{3}$$

$$J\,dQ = x\,dE + \frac{4}{3}\,E\,dx = x\,\varphi'(T)\,dT + \frac{4}{3}\,\varphi(T)\,dx$$

$$J \cdot \frac{dQ}{T} = \frac{x\,\varphi'(T)}{T}\,dT + \frac{4}{3}\,\frac{\varphi(T)}{T}\,dx$$

Da $\frac{dQ}{T}$ die Entropievermehrung, ein vollständiges Differential sein muß, so gilt:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[x\,\frac{\varphi'(T)}{T}\right] = \frac{\partial}{\partial T}\left[\frac{4}{3}\,\frac{\varphi(T)}{T}\right]$$

oder nach Integration:

$$\frac{\varphi'(T)}{T} = \frac{4}{3}\,\frac{\varphi'(T)}{T} - \frac{4}{3}\,\frac{\varphi(T)}{T^2}$$

daraus

$$\frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)} = \frac{4}{T}$$

$$\frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\,d\,T = \frac{4}{T}\,d\,T$$

nach Integration erhält man:

$$ln\,\varphi(T) = 4\,l_n\,T + ln\,A$$

oder endlich

$$\varphi(T) = A\,T^4 \quad \text{q.e.d.}$$

Die experimentelle Bestätigung für die Existenz des Ätherdrucks gab Lebedew[1] (1900). Die Einheit ist die Maxwell-Bartoli oder MB Einheit.

Die nächst wichtige Frage, deren Lösung sich Lummer und Pringsheim widmeten, war die, wie die Emission des schwarzen Körpers für jede Temperatur auf die Strahlen verschiedener Wellenlänge verteilt ist. Sie bedienten sich hierzu des Lummer-Kurlbaumschen Glühtopfes, dessen Prinzip bereits Kirchhoff angegeben hatte.

Die Energiemessung erfolgte bolometrisch. Das Hauptergebnis ist: Die Kurven (λ als Abszisse, S als Ordinate) für verschiedene Temperaturen schneiden einander nie[2], jede Kurve höherer Temperatur liegt vollständig oberhalb der Kurve tieferer Temperatur, d. h. die Energie jeder einzelnen Wellenlänge wächst mit steigender Temperatur. Die maximale Wellenlänge liegt für die verschiedenen Kurven an verschiedenen Stellen und zwar rückt mit steigender Temperatur das Maximum immer mehr nach kleineren Wellenlängen. Diese Beobachtungen spiegeln mit

---

[1] P. Lebedew, Ann. d. Phys. 6, 1901, 433.

[2] s. d. Kurven d. Figur.

großer Genauigkeit ein inzwischen von W. Wien[1] auf theoretischem Wege abgeleitetes Gesetz wieder, das man meist mit dem Namen »Wien'sches Verschiebungsgesetz« bezeichnet. In seiner einfachsten Form lautet es: $\lambda_{max}\, T = \text{const}$; die Konstante beträgt nach Lummer und Pringsheim 2940; einige Zahlen mögen die Übereinstimmung zeigen:

T	λ_{max}	$\lambda_{max} \cdot T$
621,2	4,53	2814
723,0	4,08	2950
908,5	3,28	2980
998,5	2,96	2956
1094,5	2,71	2966
1259,0	2,35	2970
1460,4	2,04	2974
1646,0	1,78	2928
	Mittel	2940

Figur 1.

Das Verschiebungsgesetz von Wien lautet in der Differentialform:

$$\frac{dT}{T} = -\frac{d\lambda}{\lambda}$$

Es wurde übrigens von H. A. Lorentz[2] aus seiner elektromagnetischen Theorie abgeleitet und von M. Abraham[3] und Jeans[4] bewiesen. W. Wien stellte einen weiteren Satz auf, der eine Beziehung zwischen der maximalen Strahlung und der Temperatur gab, und zwar ist

$$S_{max} \cdot T^{-5} = \text{const.}$$

[1] Berl. Ber. 9/2, 1893.

[2] H. A. Lorentz, Akad. d. Wissensch. Amsterdam 18/V. 1901.

[3] Ann. d. Phys. 10, 1903, 105.

[4] Proc. Royal Soc. 76 (1905), p. 516.

Auch dieses Gesetz bestätigten Lummer und Pringsheim durch das Experiment und fanden die Konstante = $2188 \cdot 10^{-17}$. Ein weiterer Schluß von W. Wien ergibt eine Beziehung zwischen der Energie und der Wellenlänge bei einer bestimmten Temperatur. Es ist

$$e(\lambda, T) = f(T)\, F(\lambda, T)$$

$f(T)$ ist dadurch bestimmt, daß

$$\int_0^\infty e\, d\lambda = \text{const } T^4$$

sein muß. Setzt man $\lambda T = z$, so ist

$$\int_0^\infty e\, d\lambda = f(T); \int_0^\infty \frac{F(z)\, dz}{T} = \text{const. } T^4$$

woraus $f(T) = \text{const } T^5$ in Übereinstimmung mit obigem folgt. Es ist also:

$$e = T^5 F(\lambda, T) \text{ oder } e = \frac{F(\lambda, T)}{\lambda^5}$$

Die Bestimmung von F ist ohne Hinzunahme hypothetischer Elemente aus der Thermodynamik nicht abzuleiten[1].

Während die auf das Maximum der Energie bezüglichen Wienschen Gesetze durch die Versuche von Lummer und Pringsheim vollkommen bestätigt wurden, war das mit der Wienschen Gleichung für die Energieverteilung im Spektrum des schwarzen Körpers, die von sehr unsicheren kinetischen Hypothesen ausgeht, nicht der Fall. Schreibt man die Gleichung in der Form, die ihr Wien nach seiner Bestimmung der Funktion F gegeben hatte:

$$S_\lambda = \frac{C}{\lambda^5 e^{c/\lambda T}}$$

und vergleicht die graphische Wiedergabe mit den Resultaten der Beobachtung, so ergeben sich systematische Abweichungen.

Freilich hatte inzwischen Paschen eine sehr gute Übereinstimmung seiner Messungen mit der Wienschen Formel gefunden und Planck hatte aus der Theorie der elektrischen Schwingungen mit Hilfe der Thermodynamik eine neue Her-

[1] W. Wien, Enzyklopädie d. mathem. Wiss. V_3, Heft 2, S. 298.

leitung des Wienschen Gesetzes gegeben. Er glaubte, dieser Ableitung ein hohes Maß von Sicherheit zuschreiben zu können; er sah die Wiensche Gleichung als eine notwendige Folge der Anwendung des Prinzips von der Vermehrung der Entropie auf die elektromagnetische Strahlung an und gab ihr damit die gleichen Grenzen der Gültigkeit wie dem II. Hauptsatz.

Die Abweichungen wachsen, wie Lummer und Pringsheim fanden, sichtbar mit steigender Wellenlänge. Als auch Versuche von Rubens und Kurlbaum das Resultat von Lummer und Pringsheim bestätigten, beugte sich — wie Pringsheim sich ausdrückt (Archiv für Math. und Phys. VII) — die Theorie dem Experiment und Planck gab eine neue Gleichung für die Energieverteilung von der Form:

$$S_\lambda = \frac{C}{\lambda^5 e^{c/\lambda T} - 1};$$

die Konstante c ist $= 14600$, die neu auftretende 1 ist für kleines λ ohne erheblichen Einfluß. Bei $\lambda T = 3000$ ist $e^{c/\lambda T} = 130$; der Fehler also $< 1\,^0/_0$; wächst aber λT auf 30000, so beträgt $c/\lambda T = {}^1/_2$ und $e^{c/\lambda T} = 1{,}65$; die Subtraktion von 1 verringert also den Wert der Größe S_λ beinahe auf $^1/_3$ des nach Wien berechneten Wertes.

Die von Planck zuerst auf Grund der Versuche von Lummer und Pringsheim aufgestellte Gleichung, die wiederum von Paschen (1901) bestätigt wurde, ist dann von ihm theoretisch abgeleitet. Sie ergibt die volle Harmonie zwischen Experiment und Theorie und stellt somit das von Kirchhoff gesetzte Ziel dar. Sie soll uns im folgenden beschäftigen und ihre Bedeutung mit spezieller Berücksichtigung der in ihr enthaltenen »Quantentheorie« eingehend gewürdigt werden.

Wir beginnen mit der mathematischen Herleitung der Strahlungsformel von Planck. Dabei folgen wir der Darstellung von W. Wien; Gebrauch gemacht wird von 3 Fundamentalannahmen:

1. der Auffassung des Entropiebegriffes als einer Wahrscheinlichkeitsgröße (nach Boltzmann),
2. der elektromagnetischen Grundgleichung für die Energie des Resonators im Zusammenhang mit der Wellenlänge und der Emissionsenergie,
3. dem Verschiebungsgesetz.

3. Die Energiequanten.

In der Formulierung der ersten Annahme ist — wie bald gezeigt werden soll — die neue Auffassung der gestaffelten Energieänderung, der Quanten, enthalten.

Die Plancksche Theorie ist eine Kombination der Hertzschen elektromagnetischen Strahlungstheorie mit einer statistischen Wahrscheinlichkeitsbetrachtung auf thermodynamischer Grundlage. Was den Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit anlangt, so kann man zunächst eine allgemeine Beziehung aus den Eigenschaften beider ableiten. Die Gesamtentropie zweier voneinander unabhängiger Systeme ist gleich der Summe der einzelnen Entropien.

$$S = S_1 + S_2;$$

die Wahrscheinlichkeit für die Existenz zweier unabhängiger Ereignisse ist bekanntlich gleich dem Produkt der einzelnen Wahrscheinlichkeiten:

$$W = W_1 \cdot W_2;$$

ist nun $S = f(W)$, so ist $S_1 = f(W_1)$ und

$$S_2 = f(W_2);$$

$$S_1 + S_2 = f(W_1 \cdot W_2) = f(W_1) + f(W_2);$$

diese Gleichung wird erfüllt, wenn

$$S = f(W) = k \log W + \text{const.}$$

ist. Die Gesamtheit der schwingenden Resonatoren, deren Zahl $= N$ ist, besitzt eine Energie U_N; auf jeden Resonator, d. h. jedes Emissionszentrum kommt eine mittlere Energie; die Anzahl der Emissionszentren ist endlich; soll die Anzahl der Energieverteilungsmöglichkeiten ebenfalls eine endliche sein, und diese Forderung ist nötig, denn sonst hätte das ganze Problem keinen Sinn in seiner Auffassung als Wahrscheinlichkeitsproblem, so folgt daraus, daß die auf die einzelnen Zentren zu verteilende Energie nicht beliebig teilbar ist, sondern aus nicht weiter unterteilbaren Energieelementen bestehen muß; sonst wären eben unendlich viele Verteilungsmöglichkeiten vorhanden. Da hier der Kern unseres Problems liegt, so sei ein Bild zum Vergleich herangezogen. Es soll unter eine bestimmte Anzahl von Personen

eine bestimmte Summe Geldes verteilt werden. Die Verteilungsmöglichkeiten sind, wenn die Teilung restlos aufgehen soll, natürlich um so geringer, je kleiner die Teilbarkeit der Summe ist. Sind die angenommenen 1000 Mark in 10 Scheinen vorhanden, so glückt die Verteilung eine ganz bestimmte Anzahl mal, die aus der Lehre von den »Kombinationen« bestimmt wird; sind 50 Stücke zu 20 M. vorhanden, so wächst die Verteilungsmöglichkeit. Ist die Teilbarkeit aber unbegrenzt, so verliert die Aufgabe ihren Sinn. Umgekehrt verlangt die Forderung einer endlichen Anzahl von Verteilungen, wie hieraus klar hervorgeht, die Existenz eines Teilfaktors, einer Einheit. Kehren wir jetzt zu der Ableitung der Formel zurück.

Das endliche Energieelement sei ε, dann ist $U_N = NU = M\varepsilon$; wo M eine ganze Zahl ist. Die Kombinationslehre ergibt die möglichen Verteilungen zu

$$\frac{(M+N-1)!}{(N-1)!\,M!}$$

nach der Stirlingschen Formel ist für großes N

$$N! = \left(\frac{N}{e}\right)^N \times \sqrt{2\pi N}$$

oder

$$\log N! = \frac{1}{2}\log(2\pi N) + N(\log N - 1)$$

oder angenähert unter Fortlassung der Glieder, die N in der ersten Potenz enthalten,

$$\log N! = N \log N;$$

die Entropie $S_n = k \log W +$ const, ist also auch

$$S_n = k\,\{(M+N)\log(M+N) - N\cdot\log N - M\cdot\log M\} + \text{const}$$

oder nach Einführung von U und ε

$$S_n = kN\left\{\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right)\log\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right) - \frac{U}{\varepsilon}\log\frac{U}{\varepsilon}\right\} + \text{const}$$

Da die Entropie der Anzahl N proportional sein muß, ist const = 0, und die mittlere Entropie des einzelnen Resonators

$$S = k\left\{1+\frac{U}{\varepsilon}\log\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right) - \frac{U}{\varepsilon}\log\frac{U}{\varepsilon}\right\}$$

Nun ist nach der thermodynamischen Definition

$$dU = T dS$$

also

$$\frac{dS}{dU} = \frac{1}{T} = \frac{k}{\varepsilon} \log \frac{1 + U/\varepsilon}{U/\varepsilon},$$

woraus

$$e^{\varepsilon/kT} = \frac{1 + U/\varepsilon}{U/\varepsilon} \text{ und weiter}$$

$$U = \frac{\varepsilon}{e^{\varepsilon/kT} - 1} \text{ folgt;}$$

dies ist die Beziehung zwischen Energie und Temperatur.

Zur Berechnung der Emission dient die aus der elektromagnetischen Strahlungstheorie folgende Gleichung

$$e_\lambda = \frac{cU}{\lambda^4}, \text{ wo } c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$$

die Lichtgeschwindigkeit ist.

Die Kombination mit der vorhergehenden Gleichung liefert

$$e_\lambda = \frac{c\varepsilon}{\lambda^4} \cdot \frac{1}{e^{\varepsilon/kT} - 1}$$

Hinzu kommt das Verschiebungsgesetz, nach dem $e^{\varepsilon/kT}$ eine Funktion von λT sein muß. Daraus folgt, daß ε umgekehrt proportional der Wellenlänge sein muß; es sei

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = h \cdot \nu$$

dann ist

$$*) \quad e_\lambda = \frac{c^2 h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/k\lambda T} - 1} \text{ und}$$

in Übereinstimmung mit der Formel in 2

$$S_\lambda = \frac{C}{\lambda^5 \, e^{c/\lambda T} - 1}$$

e_λ ist die Intensität eines monochromatischen geradlinig polarisierten Strahles von der Wellenlänge λ, der von einem auf der Temperatur T befindlichen schwarzen Körper senkrecht zur Oberfläche in das Vacuum emittiert wird. Für kleine Werte von λT geht die Gleichung *) über in die Gleichung:

$$e_\lambda = \frac{c^2 h}{\lambda^5} e^{-\frac{ch}{k\lambda T}}$$

die das Wiensche Energieverteilungsgesetz ausspricht. Für große Werte von λT hingegen wird

$$e_\lambda = \frac{c k T}{\lambda^4}$$

eine von Rayleigh aufgestellte und nach ihm benannte Strahlungsformel. Hieraus erkennt man die umfassende Bedeutung der Planckschen Gleichung. Die Größen h und k lassen sich aus den Messungen von Kurlbaum[1] und von Lummer und Pringsheim[2] berechnen, und zwar ergeben sich folgende Zahlenwerte:

h ist $= 6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg sek. oder $6{,}55 \cdot 10^{-34}$ Joule sec.

k ist $= 1{,}346 \,.\, 10^{-16}$ erg/grad oder $13{,}46 \,.\, 10^{-24}$ Joule/grad.

Auch auf die wichtige Frage, inwiefern einer Strahlung Temperatur und Entropie zugeschrieben werden können, gibt die Quantentheorie ebenfalls Auskunft, da ihr zufolge der Strahlungsvorgang ein ebenso ungeordneter ist wie die molekulare Bewegung in einem Gase. Als Temperatur der Strahlung muß die Temperatur des Körpers betrachtet werden, von welchem sie ausgeht, und die Entropie bestimmt sich in gleicher Weise durch den Logarithmus der Wahrscheinlichkeit des herrschenden Zustandes wie bei einem Gase[3].

Ein weiteres Ergebnis der Planckschen Theorie, das auf einem ganz anderen Gebiete liegt, ist die theoretische Ableitung zweier fundamentaler Naturkonstanten, der Zahl N und der Zahl ϵ; erstere, die Anzahl Gasmoleküle in 1 ccm bei 0° und 760 mm Quecksilber ergibt $2{,}76 \cdot 10^{19}$, letztere wird $e = 4{,}69 \cdot 10^{-10}$ e. s. e. in Übereinstimmung mit den neuesten experimentellen Befunden von Rutherford und anderen. Genauere Angaben hierüber siehe bei Pohl[4]. Endlich ist in den Strahlungsgesetzen ein wirklich absolutes Maßsystem, das sogenannte natürliche Maßsystem, enthalten, indem sich die Grundeinheiten so festsetzen lassen, daß die 2 Konstanten der Planckschen Strahlungsformel und die Lichtgeschwindigkeit sämtlich = 1 werden. Die dadurch festgelegten

[1] Ann. d. Phys. 65, 1898, 759.

[2] Verhdl. d. D. Phys. Ges. 2, 1900, 176.

[3] O. Lehmann, Verhdl. d. naturwissensch. Vereins in Karlsruhe, S. 284 u. 285, 24. Bd. 1910/11.

[4] Jahrb. d. Radioakt. u. Elektron. 1910.

Einheiten wären von allen irdischen Faktoren frei und müßten z. B. für die Marsbewohner das gleiche System liefern wie auf der Erde oder einem beliebigen Planeten.

Es sei jetzt kurz eine Schwierigkeit der Quantentheorie erwähnt. Wie aus der Ableitung hervorgeht, besitzt sie — und das ist Planck selbst von vornherein klar gewesen — einen wunden Punkt. Die Ableitung bedarf der Maxwellschen Gleichungen, kommt aber andererseits wieder mit den Grundanschauungen dieser Theorie in Konflikt. Hierauf kommen wir bei der Besprechung der neuen Modifikation der Theorie zurück.

Schwierig ist ferner die Beantwortung der Frage nach dem Energieaustausch. Wir folgen hier der Darstellung von H. Poincaré (loc. cit. p. 1). Planck sieht die Strahlung der festen Körper an als bedingt durch eine sehr große Anzahl von Hertzschen Oszillatoren. Jeder hat eine Eigenfrequenz und emittiert streng monochromatisches Licht. Infolge des Energieaustausches zwischen diesen Resonatoren stellt sich zwischen ihnen eine Energieverteilung her nach einem gewissen Gesetz, woraus eine bestimmte Verteilung der ausgestrahlten Energie im Spektrum resultiert. Das setzt die Möglichkeit eines Energieaustausches voraus, obwohl jeder Resonator nur Licht von bestimmter Farbe (Frequenz) emittieren und absorbieren kann. Denn fände dieser Austausch nicht statt, so bestände keine Tendenz zu einem Endzustand, die Anfangsverteilung hätte dauernden Bestand. Möglich ist der Austausch auf zwei Weisen:

1. Durch Vermittlung des Äthers; die Resonatoren sind in relativer Bewegung, wodurch nach dem Dopplerschen Prinzip ihre relative Frequenz sich ändert, oder sie sind Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Zerstreuungen ausgesetzt; auch dadurch könnten Änderungen der Frequenz und Austausch erfolgen.

2. Durch mechanische Phänomene, in Sonderheit den Zusammenstoß; hier würde nicht die direkte Wirkung der Resonatoren aufeinander in Frage kommen, sondern der Energieaustausch durch die materiellen Atome vermittelt werden.

Poincaré beschränkt sich auf die Behandlung des zweiten Falles[1].

---

[1] Poincaré verspricht eine weitere Arbeit, die den ersten Fall in sich begreifen soll; doch ist die Erfüllung dieses Versprechens durch seinen im Juli erfolgten Tod leider hinfällig geworden.

Es steht indessen schon jetzt fest, daß in beiden Fällen das gleiche Verteilungsgesetz heraus kommen muß, wenn an der Gültigkeit des II. Hauptsatzes der Thermodynamik festgehalten wird. Die Hypothese der Quanten oder der »saut's brusques« ist aber auch nach Poincaré die einzige, die einwandfrei zu der Planck schen Formel führt[1]. Man muß sie annehmen, so sehr sie auch von den üblichen Ideen abweicht, selbst auf die Gefahr hin »die physikalischen Gesetze nicht mehr durch Differentialgleichungen ausdrücken zu können«.

Wir können die Schwierigkeiten der neuen Auffassung auch noch in anderer Weise kennzeichnen. Nach den gewöhnlichen Vorstellungen ist der Äther ein Kontinuum und besitzt als solches unendlich viele Freiheitsgrade. Demzufolge muß der Äther, wenn er mit einem ponderablen Körper im Gleichgewicht ist, sofern der Vorgang dem Hamiltonschen Prinzip gehorcht — und letzteres ist bekanntlich auf die Elektronentheorie ausdehnbar —, alle Energie aufnehmen; der ponderable Körper würde im Gleichgewicht die Temperatur o absolut annehmen und das ist offenbar unmöglich. Es ist also auf die Strahlung das Hamiltonsche Prinzip nicht anwendbar[2]. Dies ist freilich kein Einwurf gegen die Planksche Spezialhypothese, sondern er trifft jede Strahlungshypothese; im Gegenteil trägt Planck der Schwierigkeit insofern Rechnung, als er für den leeren materiefreien Raum die Maxwellschen Grundgleichungen bestehen läßt und nur dort, wo materielle Atomgebilde sind, den Schwellenwert der Emission annimmt. Auf die Modifikation seiner Theorie, die in der Beschränkung der Quantenhypothese auf die Emission und Verlassen derselben bei der Absorption besteht, kommen wir später zurück (Abschnitt 10).

4. Erweiterungen.

Viel radikaler geht A. Einstein vor, desgleichen J. Stark. Sie gehen beträchtlich über Planck hinaus und nehmen die Energieelemente nicht nur bei der Aufnahme und Abgabe durch die Resonatoren an, sondern schreiben ihnen auch selbständige Existenz im Äther zu.

---

[1] Poincaré, Cemp. rend. 153, 1911, p. 1103.

[2] H. A. Lorentz, Wolfskehl Vorträge, Ph. Z. XI. 1910, S. 1248.

Von den hierher gehörenden Erscheinungen beansprucht in erster Linie der photoelektrische Effekt unser Interesse. Wie Hallwachs zuerst beobachtete, entweichen aus hochpolierten Metallplatten bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht negative Elektronen von ganz bestimmter Geschwindigkeit. Nach Lenard und E. Ladenburg hängt diese Geschwindigkeit nur von der Frequenz, nicht von der Intensität des Lichtes ab; letztere hat nur Einfluß auf die Zahl der frei werdenden Elektronen. Nach Ladenburg ist der Hallwachseffekt unabhängig von der Temperatur, woraus zu folgern ist, daß der Vorgang kein rein chemischer ist, dessen Reaktionsgeschwindigkeit eine Temperaturfunktion sein müßte. Dem Lichte ist nur eine auslösende Rolle zuzuschreiben. Die Grundursache liegt tiefer und dürfte verwandt sein mit dem Prozeß, der die Ausschleuderung von Elektronen bei radioaktiven Substanzen bewirkt.

Verschieden von dieser Auffassung ist die Einsteinsche[1], daß die Energie der Elektronen direkt aus der des Lichtes stammt. Ein einzelnes Lichtquantum hat genügend Energie, ein Elektron aus dem Metallverbande zu befreien; auch schwaches Licht vermag den Elektronen die gleiche Geschwindigkeit zu verleihen; so vermindert sich mit der Zahl der Quanten nur die Zahl der Elektronen.

Auch die Größenordnung stimmt; setzt man mit Planck

$$h = 6{,}5 \cdot 10^{-27}$$

$$\nu\,\text{u. v.} = 1{,}03 \cdot 10^{+15}$$

(u. v. = ultraviolett),

so wird

$$h\nu = 6{,}7 \cdot 10^{-12}\ \text{erg}.$$

Nach Lenard beträgt die Energie beim Photoeffekt

$$3 \cdot 10^{-13}\ \text{erg};$$

ist also erheblich kleiner als das Energiequantum. Die Einsteinsche Lichtquantentheorie begegnet indessen erheblichen Schwierigkeiten. Die Interferenzerscheinungen bei hohen Gangunterschieden und die Beugungstheorie der optischen Instrumente liefern hier Einwände, die einstweilen nicht zu widerlegen sind.

Sonst hat die Einsteinsche Auffassung viel Bestrickendes, wie dies O. Lehmann[2] hervorhebt. Für die Abnahme der

---

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. 17, 1905, 132.

[2] O. Lehmann, loc. cit.

Strahlungsintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle hätte man sich einfach ein Bild zu machen, derart, daß die Lichtzellen weiter auseinander rücken, während jede Zelle ihre Größe behält und somit auch die Dichte der in ihr enthaltenen elektrischen und magnetischen Energie ungeändert bleibt; die Lichtzellen werden von den Oszillatoren in den ätherfreien absolut leeren Raum hineingeschleudert, wie die Newtonschen Lichtpartikelchen der Emanationstheorie; auch könnte die Theorie verständlich machen, daß und wie man die Fixsterne trotz ihrer Entfernung mit dem Auge wahrnimmt.

Einen rein physiologischen Einwand gegen die Einsteinsche Hypothese erhebt H. A. Lorentz[1]. Die Lichtquanten erweisen sich durchaus nicht als besonders klein, wenn man sie mit den Lichtmengen vergleicht, die durch unser Auge noch wahrgenommen werden können. Aus Messungen von v. Kries[2] kann man folgern, daß grüne Strahlen, die nur kurze Zeit auf das Auge treffen, einen Lichteindruck hervorrufen können, wenn die Netzhaut im ganzen von 30—60 Lichtquanten getroffen wird, während bei andauernder Bestrahlung die Lichtempfindung ungefähr 140 Lichtquanten pro Sekunde erfordert. Lorentz wirft die Frage auf, ob eine verhältnismäßig so kleine Anzahl von Einheiten genügen kann, um die Erscheinungen auf der Netzhaut, die doch ohne Zweifel von sehr verwickelter Art sind, hervorzubringen.

J. Stark hat wegen dieser Schwierigkeiten die Hypothesen wesentlich abgeändert. Seine wie die Hypothesen von Einstein haben nach H. A. Lorentz indessen einstweilen nur eine heuristische Bedeutung.

5. Quantentheorie und Thermodynamik.

Eine überraschende Unterstützung kommt der Planckschen Hypothese von einer ganz anderen Seite und zwar aus der Thermodynamik und deren Anwendungen auf die physikalische Chemie. Hier sind die Namen von Nernst und seinen Mitarbeitern, ferner von Einstein in allererster Linie zu nennen.

In den beiden Hauptsätzen der klassischen Wärmetheorie tritt in der Gleichung für die Energie bezw. die Entropie je eine additive Konstante auf. Im ersten Fall bietet sie keine erheb-

[1] Phys. Zeitschr. XI, 1910, S. 352.

[2] Zeitschr. f. Sinnesphysiologie 41, 1906, . 373.

liche Schwierigkeit. Wir sind gewohnt, nur von Energieänderungen zu sprechen, ohne uns um den Anfangswert oder überhaupt einen bestimmten Zahlenwert derselben viel zu kümmern.

Anders liegt die Sache beim II. Hauptsatz. Es war daher ein immerhin überraschender Schluß, den Nernst 1906 zog, als er aus seinen Überlegungen heraus die von der klassischen Thermodynamik in dem Ausdruck der Entropie noch unbestimmt gelassene Konstante auf eine sehr einfache Weise festlegte.

In der von Planck[1] gegebenen Ausdrucksweise lautet das Nernstsche Wärmetheorem, das man gelegentlich auch als den III. Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnet: Die Entropie eines kondensierten, d. h. festen oder flüssigen chemisch einheitlichen Stoffes beim Nullpunkt der absoluten Temperatur besitzt den Wert o.

Die Entropie eines kondensierten Körpers ist:

$$S = \int C_p \frac{dT}{T}$$

die obere Grenze ist T, die untere nach Nernst Null, so daß die Entropie vollständig lautet

$$S = \int_0^T C_p \frac{dT}{T}$$; Nernst fordert $S_{(0)} = 0$, als Ausdruck obigen Satzes.

Hieraus folgt vor allem, daß C_p für $T = 0$ verschwindet, eine weitreichende Forderung, die besagt, daß die Wärmekapazitäten mit abnehmender Temperatur gegen Null konvergieren, ein in neuester Zeit durch Messungen bestätigtes Ergebnis.

Ferner gestattet das Nernstsche Wärmetheorem, wenn die Umwandlungswärme r und die spezifischen Wärmen C'_p und C_p in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur bekannt sind, die Schmelztemperatur bezw. die Umwandlungstemperatur des Körpers zu berechnen, aus der Gleichung

$$r - T \int_0^T \frac{c'p - cp}{T} \, dT = 0.$$

[1] M. Planck, Ph. Z. XIII, 1912, S. 170.

Es ließen sich noch weitere Beispiele für die Fruchtbarkeit dieses Theorems anführen.

Die tiefe Bedeutung der Nernstschen Annahme über die Entropie läßt sich nur verstehen, wenn wir wiederum in gleicher Weise wie oben die Entropie als Wahrscheinlichkeit betrachten. »Die in der klassischen Thermodynamik unbestimmt gelassene additive Konstante entspricht — vom atomistischen Standpunkt aus betrachtet — der Unbestimmtheit der für die Berechnung der Entropie benutzten Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit und da das Nernstsche Wärmetheorem den Wert dieser Konstanten eindeutig festlegt, so ist der physikalische Inhalt des Nernstschen Wärmetheorems, ganz allgemein gesprochen, dieser, daß die Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit nicht beliebig klein sind, sondern eine ganz bestimmte, in vielen Fällen direkt angebbare Größe besitzen.« (Planck l. c. 173).

Es findet sich also auch hier die Notwendigkeit der Einführung von Diskontinuitäten und wie in der Strahlungstheorie die Existenz ganz bestimmter Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit.

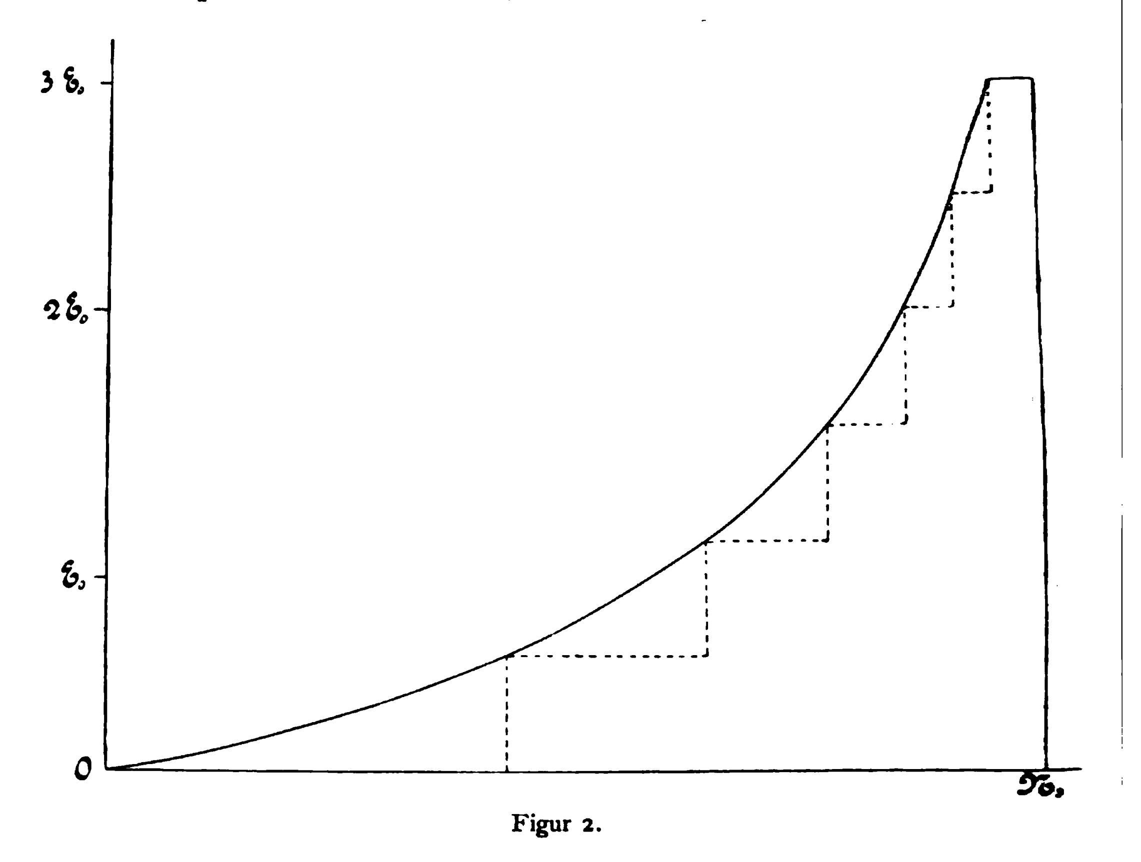
Die nunmehr naheliegende Ausdehnung der Anwendung des elementaren Wirkungsquantums auf die theoretische Chemie hat nun eine Reihe überraschender Erfolge gezeitigt. Die diesbezüglichen Arbeiten von Nernst[1], Nernst und Lindemann[2], Einstein[3], Born[4] und v. Karmán, und Haber[5] seien hier kurz besprochen bezw. zitiert.

Folgendes ist im wesentlichen der Inhalt der Betrachtungen von Nernst. Die Anwendung der Prinzipien der kinetischen Theorie und speziell der statistischen Mechanik auf die spezifischen Wärmen hatte zu starken Widersprüchen mit der Erfahrung geführt und erst durch die Lehre von den Energiequanten, die Planck aufgestellt und Einstein verallgemeinert hat, scheint eine widerspruchsfreie Darstellung des Energieinhaltes der Körper,

---

[1] Zeitschr. f. Elektrochemie 17, 1911, 265.
[2] Ebenda S. 817.
[3] Ann. d. Phys. 22, 1907, 185.
[4] Ph. Z. XIII, 297, 1912.
[5] Verhdl. d. D. phys. Ges. 13, 1117, 1911.

d. h. des Ausdruckes $\int\limits_{0}^{T} C_v \, d\, T$ ermöglicht. Die älteren Auffassungen von **Maxwell**, **Boltzmann** und **Richarz**, vermochten zwar bereits die Erklärung für das Gesetz von **Dulong** und **Petit** (Gleichheit der Atomwärme für feste Körper) und der Erweiterung desselben (Gesetz von **Kopp-Neumann**) zu geben, versagten aber für die Erklärung der Abweichung bei tiefen Temperaturen und in Spezialfällen (Diamant).



Figur 2.

Der Mangel liegt offenbar nicht an der kinetischen Gastheorie. Vielmehr treten die Schwierigkeiten offenbar immer dann auf, wenn es sich um die Betrachtung der Schwingungen von Atomen um ihre Ruhelage handelt; dies ist ja in der Tat der Fall bei den Vorgängen, die **Planck** zu einer durchgreifenden Veränderung der Auffassung geführt haben.

Nebenstehende Figur gibt ein Bild von der Energieverteilung. Die Geschwindigkeiten der Atome eines Grammatoms in einem beliebigen Zeitmoment seien nach ihrer absoluten Größe geordnet,

die dazu gehörigen Energiewerte als Ordinaten aufgetragen in gleichen Abständen.

Einige Atome haben eine verschwindend kleine Geschwindigkeit, dann folgt eine große Anzahl von Atomen mit einer der mittleren Geschwindigkeit nahekommenden, und schließlich folgen einige wenige Atome mit einer sehr großen Geschwindigkeit.

Eine derartige Geschwindigkeitsverteilung gilt nur unter der Annahme, daß die Energie eines Atoms stetig veränderlich ist. Unter der Voraussetzung, daß der Energiezuwachs oder Verlust gleich dem Energiequantum sei

$$\varepsilon = h\nu = \frac{R}{N_0}\beta\nu,$$

ist das Verteilungsgesetz offenbar durch die unter der Kurve gezeichnete treppenförmige Linie gegeben. Die gesamte Energie W eines Grammatoms wird nach Einstein[1]

$$W = 3R\,\frac{\beta\nu}{e^{\beta\nu/T}-1},$$

woraus durch Differentation nach der Temperatur sich die »spezifische Wärme« pro Grammäquivalent zu

$$C_p = \frac{dW}{dT} = 3R\,\frac{e^{\frac{\beta\nu}{T}}\cdot\left(\frac{\beta\nu}{T}\right)^2}{\left(e^{\frac{\beta\nu}{T}}-1\right)^2}$$

ergibt, wo $3R = 5{,}94$ ist.

Die ältere Theorie, die den Energieinhalt

$$E_\nu = RT/N_0$$

setzt, führt kombiniert mit dem bekannten Planckschen Ausdruck für die Beziehung zwischen der mittleren Energie des Atoms und der Dichte der schwarzen Strahlung

$$E_\nu = \frac{c^3}{8\pi\nu^2}\cdot\varrho$$

zu der Formel von Rayleigh. Dieser kommt bekanntlich nur die Bedeutung eines Grenzgesetzes für große Werte von T/ν zu.

[1] Ann. d. Phys. 22, 186, 1907.

Der Einsteinsche Wert für E_r

$$E_r = \frac{R}{N_o} \frac{\beta r}{e^{\frac{\beta r}{T}} - 1}$$

gibt kombiniert mit dem gleichen Ausdruck die Plancksche Strahlungsformel

$$\varrho_r = \frac{R}{N_o} \cdot \frac{8 \pi r^3}{c^3} \frac{\beta}{e^{\frac{\beta r}{T}} - 1} .$$

Ferner liefert die ältere Theorie den Energieinhalt der fortschreitenden Bewegung des Moleküls; dieser beträgt nach jeder Richtung der drei Raumachsen $\frac{R \cdot T}{2}$; für jeden Freiheitsgrad ist die mittlere Energie eines Atoms $^1/_2 \cdot 13{,}46 \cdot 10^{-24}\ T$ Joule, also für den festen Körper, da bei diesem die Atome 3 kinetische und 3 potentielle, also im ganzen 6 Freiheitsgrade besitzen, das Sechsfache dieses Betrages, also pro Kilogrammatom $6/2 \cdot 8319$ Joule/Grad $= \frac{3 \cdot 8319}{4189} = 5{,}96$ Cal/Grad.

Bei konstantem Volumen wird die Molekularwärme $3/2\ R$ oder 2,98; danach ist $3\ R = 5{,}96$ eine universelle Konstante, was nichts anderes ist, als der Ausdruck des Gesetzes von Dulong und Petit, in Worten: »Die Atomwärme ist für alle festen Körper gleich«. Die neue Theorie trägt auch den Abweichungen Rechnung. Außer denen, die die Metalloide zeigen, weist bekanntlich der Diamant am stärksten eine Abweichung von obigem Gesetze auf. Sie sind also zurückzuführen auf hohe Frequenz und ein demgemäß langsam erfolgendes Ansteigen der spezifischen Wärme mit der Temperatur. Die kritische Größe ist also die Atomfrequenz und wir kommen jetzt zu der Frage, wie über diese Größe Aufschlüsse zu gewinnen sind.

Einen Weg zur annähernden Bestimmung der Schwingungszahl gibt F. A. Lindemann[1] an, der sich auf Veranlassung von W. Nernst mit dieser Frage befasst hat. Wie schon oben erwähnt, macht er die Annahme, daß der Schmelzpunkt durch die Temperatur bedingt wird, bei welcher die Elongationen der Atome bei ihren Schwingungen um die Ruhelage kommensurabel mit ihrem Abstand werden.

[1] F. A. Lindemann, Ph. Z. (5), 11, 609 (1910).

Sei r_o die Elongation beim Punkte T_s, so ist

$$U = 2\pi r_o r, \text{ also } m\, U^2 = m\, 4\pi^2 r_o^2 r^2$$

dies ist nach Einstein auch:

$$m\, U^2 = \frac{3\, R}{N_o} \frac{\beta r}{e^{\frac{\beta r}{T_s}} - 1}$$

Wird $\beta r / T$ klein gegen 1, was bei der relativ hohen Temperatur des Schmelzpunktes meist erfüllt ist, so wird

$$m\, U^2 = \frac{3\, R}{N_o} T_s \text{ oder}$$

$4\pi^2 m r_o^2 r^2 = \frac{3\, R}{N_o} T_s$, also r proportional $\sqrt{T_s / m r^2}$; r_o ist proportional $V^{\frac{1}{3}}$, wo V das Atomvolumen des festen Körpers ist, also wird

$$r \text{ prop. } \sqrt{T_s / m\, V_o^{\frac{2}{3}}}$$

F. A. Lindemann hat so für Bi, Pb, Pt, Ag, Zn, Mg, Cu, Al, Cr, J, S, Si, Graphit, Diamant das zugehörige r berechnet und eine sehr befriedigende Übereinstimmung mit den Werten gefunden, die sich aus den Abweichungen vom Dulong-Petitschen Gesetz für diese Körper ergeben.

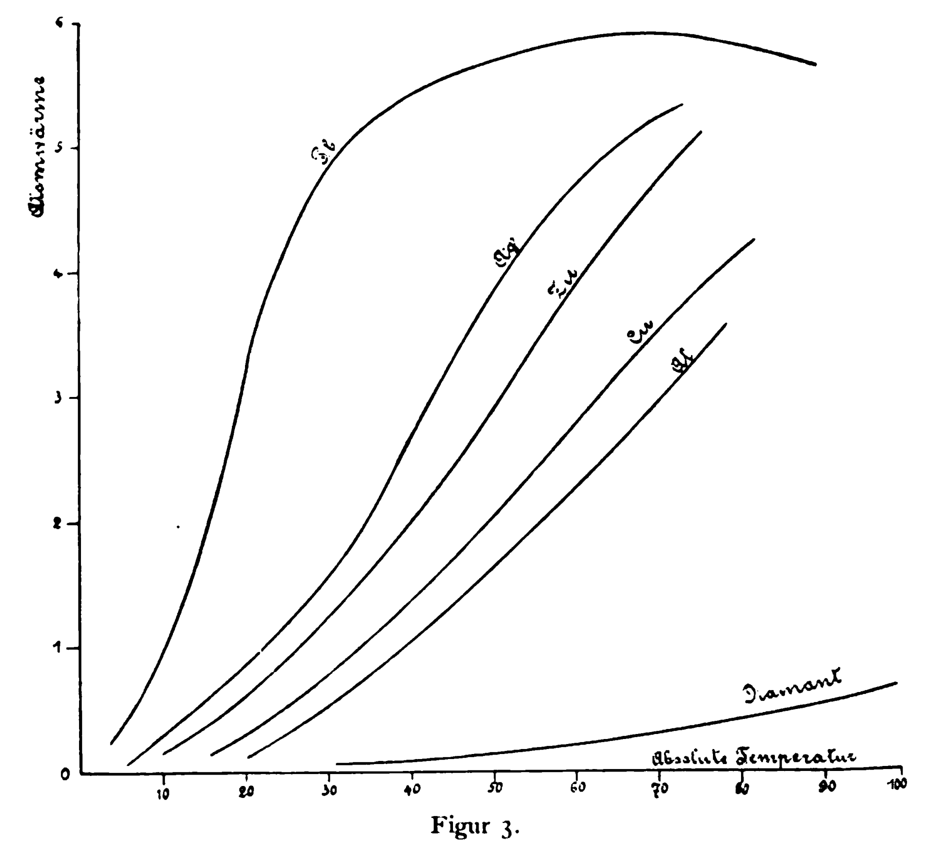
Auf Grund der Quantentheorie ist also das Dulong-Petitsche Gesetz, das solange rätselhaft blieb, wenigstens in großen Zügen aufgeklärt.

Zahlenmäßig liegt der Fall so, daß, wenn $\frac{T}{\beta r} > 0{,}9$ ist, sich die Atomwärme dem normalen Wert 5,96 nähert; ist aber $\frac{T}{\beta r} < 0{,}1$, so ist die Atomwärme nahe gleich 0, was auch verständlich macht, daß die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen durch ein Molekül, wenn r sehr groß ist, die Molekularwärme nicht merklich ändert.

Experimentelle Untersuchungen von Nernst und Eucken über die spezifische Wärme bei sehr tiefen Temperaturen zeigen eine gute Bestätigung der Theorie, speziell der aus ihr resultierenden Forderung, daß C_p nach 0 konvergiert für $T = 0$, was, wie oben angeführt, aus dem Nernstschen Wärmetheorem folgt. Beigefügte Figur gibt ein Bild des Verlaufes der Kurven.

Der obere Grenzwert ist 5,95, der untere 0. Das Material dieser Kurven gestattet übrigens eine weit schärfere Nachprüfung der Lindemannschen Formel. Die Tabelle, die Nernst (l. c. 275) gibt, zeigt dies:

	Ältere Werte	Neuere Werte	n. Lindemann
Pb	$1,2 \cdot 10^{12}$	$1,44 \cdot 10^{12}$	$1,4 \cdot 10^{12}$
Ag	3,3 —	3,3 —	3,3 —
Zn	3,7 —	3,6 —	3,3 —
Cu	3,3 —	4,93 —	5,1 —
Al	6,8 —	5,96 —	5,8 —
J	2,7 —	1,5 —	1,4 —



Figur 3.

Nernst äußert sich am Schlusse der besprochenen Arbeit dahin, daß niemand das obige Diagramm betrachten kann, ohne von der gewaltigen Kraft der Quantentheorie, die uns alles Wesentliche sofort verständlich macht, überzeugt zu werden. Für uns ist es kaum weniger wichtig, was

er nur nebenbei erwähnt, daß auch das Nernstsche Wärmetheorem darin eine glänzende Bestätigung findet.

In einer neueren Mitteilung hat Nernst zusammen mit F. A. Lindemann eine neue Formel angegeben, die nicht nur den Verlauf der spezifischen Wärme vollkommen wiedergibt, sondern auch eine Übereinstimmung zwischen den aus ihr berechneten Frequenzen und den tatsächlich beobachteten optisch gemessenen Schwingungszahlen, soweit dies kontrollierbar ist.

Die Formel kommt mit den von Einstein aus der Quantentheorie abgeleiteten Constanten aus.

Die durch Probieren gefundene Formel lautet:

$$C_v = \frac{3}{2} R \left\{ \frac{\delta^2 e^\delta}{(e^\delta - 1)^2} + \frac{\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 e^{\frac{\delta}{2}}}{(e^{\frac{\delta}{2}} - 1)^2} \right\}$$

wo $\delta = \frac{\beta r}{T}$ ist. Die Übereinstimmung der aus dieser Formel berechneten Werte für r mit den Werten aus der Lindemannschen Formel ist sehr befriedigend.

Auch eine theoretische Deutung der Formel liefern Nernst und Lindemann. Sie nehmen an, daß bei tiefen Temperaturen die kinetische und die potentielle Energie nicht einander gleich sind und daß die zwei Glieder der neuen Gleichung und der älteren von Einstein den Energieinhalt teilen; bei höheren Temperaturen werden beide Glieder einander gleich, im Einklang mit der bekannten Folgerung, daß hier die Quantentheorie in die gewöhnliche Theorie übergeht. Nach Nernst sind die wichtigen Folgerungen für diese festen Körper die, daß bei sehr tiefen Temperaturen die Atome keine Schwingungen ausführen, sondern lediglich eine Ablenkung aus der Ruhelage erfahren; die Aufnahme der in diesen Ablenkungen aufgespeicherten Energie würde in halben Quanten erfolgen. Erst bei höheren Temperaturen würde die kinetische Energie in merklicher Menge in ganzen Quanten aufgenommen werden. Bei noch höheren Temperaturen, bei denen im allgemeinen jedes Atom bereits mehrere Quanten von kinetischer und potentieller Energie besitzt, würde sich dann ein Zustand herstellen, wie ihn die gewöhnliche statistische Mechanik bisher voraussetzte, d. h. es würde hier potentielle und kinetische Energie gleich werden und es würde ferner das Gesetz von Dulong und

Petit gelten. Die Formel von Nernst und Lindemann liefert gleichzeitig

1. die Möglichkeit einer einfachen Ableitung der Planckschen Strahlungsformel,

2. den Anschluß an den experimentell festgelegten Verlauf der Atomwärme,

3. die Möglichkeit, spezifische Wärmen von festen Körpern und Gasen aus optischen Daten zu berechnen.

Auch von anderer Seite hat die Einsteinsche Gleichung eine Modifikation erfahren. Gegen Einsteins Auffassung, daß jedem Elementargebilde mit 3 Freiheitsgraden und der Frequenz ν (nach Planck) die mittlere Energie

$$3 \frac{R}{N} \frac{\beta \nu}{e^{\frac{\beta \nu}{T}} - 1}$$

zukommt, und da N von ν unabhängig ist, somit jede Schwingungszahl zur Energie eines Grammoleküls den Betrag

$$3 R \frac{\beta \nu}{e^{\frac{\beta \nu}{T}} - 1}$$

beiträgt, die Gesamtenergie also

$$E = 3 R \sum \frac{\beta \nu}{e^{\frac{\beta \nu}{T}} - 1}$$

beträgt, machen Born und von Karmán[1] den Einwand, daß die Annahme einer Anzahl voneinander unabhängig schwingender Gebilde nicht erlaubt sei und noch viel weniger die Voraussetzung, daß die Anzahl der Gebilde jeder Frequenz gleich groß ist. Born und von Karmán machen im Sinne der Einsteinschen Theorie die Annahme, daß einer jeden Normalschwingung bei einer Temperatur T des Körpers die Energie zukommt, die ein Planckscher Resonator bei der Temperatur T besitzt, nämlich

$$f(\nu) = \frac{R}{N} \frac{\beta \nu}{e^{\beta \nu / T} - 1}$$

---

[1] Ph. Z. XIII, 304, 1912.

an Stelle obigen Ausdruckes von **Einstein** tritt

$$E = R\,\frac{\beta r_0}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\sin \varphi/2\, d\varphi}{e^{\frac{\beta r_0}{T}\sin \varphi/2}-1}$$

und die spezifische Wärme wird

$$C = \frac{dE}{dT} = 3R\cdot\frac{3}{(2\pi)^3}\int_0^{2\pi}\frac{\left(\frac{\beta r_0}{T}\right)^2\sin^2\frac{\omega}{2}\cdot e^{\frac{\beta r_0}{T}\sin \omega/2}}{\left(e^{\frac{\beta r_0}{T}\sin\frac{\omega}{2}}-1\right)^2}\,\omega^2\, d\omega$$

Dieser Ausdruck hat mit dem von **Einstein** gemeinsam die Konvergenz gegen o mit abnehmenden T und bei großem T sich dem Wert des Gesetzes von **Dulong** und **Petit** zu nähern (5,95). Der Unterschied ist der, daß keine Eigenfrequenz ausgezeichnet ist, sondern alle Frequenzen des Spektrums in dem durch die Anzahl der Freiheitsgrade vorgeschriebenen Maße berücksichtigt sind.

Nach **Born** und v. **Karmán** ist das ganze Problem der spezifischen Wärme doch wesentlich verwickelter, als man es nach der ersten qualitativen Übereinstimmung der Einsteinschen Formel erwartet hatte; es ergibt sich keine universelle Funktion, sondern es gehen die molekulare Struktur und die molekularen Kräfte auch in die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme ein.

Es frägt sich somit, ob die Tatsache, daß man für die Theorie der spezifischen Wärmen mit der einfachen Planckschen Formel der Energieverteilung auskommt, als eine Bestätigung der Quantenhypothese selbst anzusprechen ist. In dieser Richtung kann man gewisse Bedenken nicht unterdrücken. Schwierigkeiten macht die Übertragung des bei isolierten Resonatoren verständlichen Energiequants auf die Schwingungen eines zusammenhängenden Systems[1].

6. Reaktionseffekt.

Neuerdings hat F. **Haber**[2] Beziehungen aufgestellt zwischen der Reaktionswärme bei chemischen Prozessen und den Elektronen-

[1] Eine Formel, die besser als die Einsteinsche und die Nernst-Lindemannsche sich den Beobachtungen anschließt, hat in neuester Zeit Hr. P. Debye abgeleitet. (Ann. d. Physik 39, 1912, 789.)

[2] F. Haber, Verhdl. d. D. ph. Ges. 13, S. 1117, 1911. Ph. Zeitschr. 12, 1035, 1911.

frequenzen, die sich aus dem selektiven photoelektrischen Effekt ergeben. Bekanntlich hat F. Haber zusammen mit G. Just den sogenannten »Reaktionseffekt« gefunden, d. h. die Elektronenemission bei der Reaktion aktiver Gase auf Kalium-Natrium, Rubidium, Cäsium. Er verknüpft das Plancksche Wirkungsquantum $h\nu$ mit der chemischen Energie. Allgemein gilt die Beziehung

$$\frac{Q}{h} = \Sigma\nu \text{ entstehend} - \Sigma\nu \text{ verschwindend.}$$

Ein Elektron von der Frequenz $7 \cdot 10^{-14}$ verlangt nach der Quantentheorie $4{,}5 \cdot 10^{-12}$ erg als Mitgabe auf den Weg, wenn es das Atom, dessen Verband es angehört, verlassen soll, um in den Raum abzufliegen. Diese Energie könnte nun ebenso gut wie durch Bestrahlung der Atome mit Licht von entsprechender Wellenlänge, auch durch Reaktion des Atoms mit einem chemisch verschiedenen andern Atom geliefert werden. Der »Reaktionseffekt« ist demnach dann zu erwarten, wenn die Energieänderung bei der Reaktion, bezogen auf das einzelne Molekül der entstehenden Verbindung, das Produkt aus der Planckschen Konstante h und der Eigenfrequenz des ausgeschleuderten Elektrons erreicht oder übersteigt. Dieser Schluß bestätigt sich bei den Hauptfällen, bei denen die Reaktion von nachweislicher Elektronenemission begleitet ist, vollkommen, wenn man die Wärmetönung der Reaktion als Maß der Energieänderung benutzt. Vom Standpunkt der Quantentheorie aus läßt sich also die beobachtete Elektronenemission bei den Reaktionen darauf zurückführen, daß zwei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind; einer der Reaktionsteilnehmer besitzt ein Elektron von genügend kleiner Frequenz, und der andere ist so gewählt, daß die Reaktionsenergie ausreicht, um dem Elektron beim Abfliegen ein Quant mit auf den Weg zu geben. Bei niedriger Temperatur sind diese beiden Bedingungen nun selten erfüllt, darum ist das Verdienst, die besonderen Bedingungen und die wirksamen Stoffe erdacht zu haben, besonders hervorzuheben[1]. Als weitere Konsequenz der Überlegungen von F. Haber folgt mittels des Hilfssatzes, daß in den Bewegungsgleichungen der Elektronen die Reibungskoeffizienten für die ultraroten und ultravioletten Schwingungen

[1] W. Hallwachs, Verhlg. d. Ges. D. Naturf. u. Ärzte 83, I, 1911, S. 228.

denselben Wert haben, eine Beziehung zwischen den Frequenzen im Violett und im Rot von der Form

$$\lambda \text{viol.}\ 42{,}81\ \sqrt{M} = \lambda \text{rot};$$

wo M das Molekulargewicht des im Ultrarot schwingenden Gebildes ist, (l. c. pg. 1122). Obwohl die experimentellen Unterlagen vielfach nicht die volle für die Rechnung nötige Genauigkeit haben dürften, scheinen sie nach F. Haber dennoch mehr als eine zufällige Übereinstimmung zu bekunden, so daß im Sinne seiner Ausgangsüberlegungen (bez. deren auf die Originalarbeit verwiesen sei) die Beziehung der Planckschen Naturkonstante zur Wärmetönung der Reaktion und der bei der Elektronenemission (Reaktionseffekt) beobachtete Zusammenhang eine Stütze gewinnen.

7. Strahlung und Relativitätsprinzip.

Bei der fundamentalen Bedeutung der neuen Theorie der Strahlung liegt die Frage nahe, wie sie sich zu einer anderen prinzipiellen Neuerung der theoretischen Physik, dem Relativitätsprinzip von A. Einstein[1] stellt.

Letzteres sagt bekanntlich aus, daß die Naturphänomene an sich nicht ermöglichen, eine absolute Bewegung eines bevorzugten Systemes zu erkennen, oder mathematisch ausgedrückt, daß die Gleichungen auf ein bewegtes System transformiert Invarianten sind. Aus diesem Postulat, zu dem noch die Forderung der Unveränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit hinzutritt, folgt die berühmte Einsteinsche Kinematik, die Kontraktion einer bewegten Länge um $l[1-\sqrt{1-\beta^2}]$, wo β das Verhältnis der Bewegungsgeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit ist und die Veränderung der Zeit für eine bewegte Uhr $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ Kontraktionen, die bekanntlich schon früher auf anderem Wege von H. A. Lorentz und Fitzgerald zur Deutung des negativen Resultates des Versuches von Morley und Michelson abgeleitet waren.

Aus der Theorie der Strahlung läßt sich ableiten, daß auch die Temperatur[2], nicht aber die Entropie zu den nach dem Relativitätsprinzip veränderlichen Größen gehört, und zwar ist

$$\frac{T}{T_0} = \sqrt{1-\beta^2}$$

---

[1] A. Einstein, Ann. d. Phys. 1905, Bd. 17.

[2] K. v. Mosengeil, Ann. Ph. **22**, (1907), S. 898. Planck, Berl. Ber. 13/6, 1907, S. 546.

d. h. von einem ruhenden Punkte aus erscheint die Temperatur eines bewegten Körpers im Vergleich zur Ruhe im Verhältnis $\sqrt{1-\beta^2}$ verkleinert.

Weiter zeigt die Theorie, daß der Hohlraumstrahlung eine bestimmte Bewegungsenergie zukommt. Doch ist sie verschieden je nach den Bedingungen, unter denen die Geschwindigkeit erreicht ist, ob sie z. B. adiabatisch oder isotherm erlangt wurde. Die adiabatische Energiedichtung ist

$$U = \frac{8\pi e_0}{c} \frac{1+\frac{1}{3}\beta^2}{k^{\frac{2}{3}}}, \text{wo } \beta = \frac{v}{c} \text{ ist}$$

für $v = o$ ist $U_o = \frac{8\pi e_0}{c}$, also die Dichte der Bewegungsenergie

$$U - U_o = \frac{8\pi e_0}{c}\left(\frac{1+\frac{1}{3}\beta^2}{k^{\frac{2}{3}}} - 1\right)$$

und die gesamte Bewegungsenergie im Volumen

$$U V - U_o V_o = V_o(U k - U_o) = \frac{8\pi e_0}{c}\left\{(1+\tfrac{1}{3}\beta^2)\, k^{\frac{1}{3}} - 1\right\} V_o$$

$$= \frac{4\pi a}{c} T^4 V_o \left\{(1+\tfrac{1}{3}\beta^2)\, k^{\frac{1}{3}} - 1\right\}$$

Hieraus ergibt sich, daß der Hohlraumstrahlung Trägheit zukommt. Sie besitzt daher auch scheinbare Masse. Für kleine Geschwindigkeiten beträgt sie

$$\frac{16\pi a T^4 V}{3 c^3}$$ [1]

8. Photoelektrischer Effekt.

Endlich sei noch der Anwendung der Quantenhypothese auf den lichtelektrischen Effekt gedacht nach dem Vorgange von Sommerfeld. Der lichtelektrische Effekt ist mit dem Haberschen Reaktionseffekt wohl verwandt, doch prinzipiell davon verschieden. Nach der Lenardschen Auffassung wird ja bei ersterem die Energie aus dem Atom entnommen und der Effekt als ein Resonanzphänomen aufgefaßt, doch ist nach der neueren Ansicht, speziell der Einsteinschen Lichtquantenhypothese die auffallende Strahlung die Quelle der Energie. Kurz gesagt, ist der Vorgang

[1] W. Wien, Enzykl. d. Math. Wiss. V_3, 2, 344, 1909.

nach Lenard ein Resonanzphänomen, bei dem das an das Atom quasi elastisch gebundene Elektron ebenso reagiert wie z. B. in der Dispersionstheorie; nach Einstein hat man sich seine Energie aus der auffallenden Strahlung entnommen zu denken, also fundamental verschieden vom Reaktionseffekt, wo lediglich die Energie der Komponenten zur Geltung kommt. Sommerfeld und Debye[1] führen den Begriff der »Akkumulationszeit« ein, während der die Strahlung gewirkt haben muß, um die nötige Energie anzuhäufen; erst nach dieser Zeit wird das Elektron aus dem Atomverbande befreit.

Die Energie ist von derjenigen Größe, wie solche Lenard beobachtet hat und wie sie durch das Einsteinsche Gesetz gefordert wird. Die Bewegungsgleichung des Elektrons lautet:

$$m\ddot{x} + fx = e\mathfrak{E}$$

$$T = \frac{m}{2}\dot{x}^2 \text{ ist die kinetische Energie}$$

$$U = \frac{f}{2}x^2 \text{ ist die potentielle Energie.}$$

Nach Sommerfeld und Debye wird das Elektron dann frei, wenn das Wirkungsintegral

$$W = \int_0^T (T - U)\, dt = h/2\pi$$

geworden ist. Die Rechnung liefert

$$W = \int_0^T \left(\frac{m}{2}\dot{x}^2 - \frac{f}{2}x^2\right) dt = \frac{m}{2}x\dot{x} - \frac{1}{2}\int_0^T x(m\ddot{x} + fx)\, dt$$

oder mit Rücksicht auf die Bewegungsgleichung

$$W = \frac{m}{2}x\dot{x} - \frac{e}{2}\int_0^T x\mathfrak{E}\, dt$$

Der erste Term ist gleich der kinetischen Energie T des Elektrons, geteilt durch seine Eigenfrequenz, der zweite Term, das Zeitvirial, verschwindet im Falle der vollkommenen Resonanz. Danach ist:

$$W = \frac{h}{2\pi} = \frac{T}{n_0} \text{ oder } T = h\nu_0,\ \text{da } n_0 = 2\pi\nu_0$$

[1] Verhlg. d. Ver. D. Naturf. u. Ärzte. Karlsruhe 1911. Berichte II, S. 45 und Ph. Z. 12, 1057, 1911.

ist. Dies ist das Einsteinsche Gesetz. Im Falle unvollkommener Resonanz sind zwei Fälle zu unterscheiden:

$$n > n_0 \text{ und } n < n_0$$

Im ersteren kommt es zu einer lichtelektrischen Emission, im zweiten Falle nicht. Beide Aussagen stehen in Analogie zur Stokeschen Regel.

Mit Bezug auf den photoelektrischen Effekt und die Röntgenstrahlen sei auch noch auf J. Stark (Prinzipien der Atomdynamik) verwiesen. Letzterer beansprucht übrigens für die Kombination des Wirkungsquantums mit der Wärmetönung eine Priorität vor F. Haber, was hier nur angedeutet werden kann. Die neuen Untersuchungen von M. Laue und seinen Mitarbeitern, über die die Diskussion noch nicht geschlossen ist, werfen auf das Wesen der Röntgenstrahlen ein ganz neues Licht. Bezüglich der Quantentheorie und ihrer Beziehung zu den Röntgenstrahlen sei hier außer auf J. Stark noch auf das neu erschienene Buch von R. Pohl[1] hingewiesen. Aus der Größe des Wirkungsquantums h läßt sich ein Schluß ziehen auf die Größenordnung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Es ist

$$\lambda = 300 \frac{h c}{\varepsilon V} = \frac{300 \cdot 6{,}55 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^{10}}{4{,}55 \cdot 10^{-10} V} = 1{,}26 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{V};$$

Setzt man $V = 6 \cdot 10^4$ Volt, so wird $\lambda = 2 \cdot 10^{-9}$ cm, ein Wert, der in guter Übereinstimmung ist mit dem oberen Grenzwert aus den Bewegungsversuchen von Walter und Pohl[2]. Die neuesten Interferenzversuche an Kristallen, die von Laue und seinen Mitarbeitern ausgeführt worden sind, ergeben Wellenlängen zwischen 1,27 und $4{,}83 \cdot 10^{-9}$ cm.

9. Magnetonen.

Zum Schlusse der Arbeit sei noch kurz hingewiesen auf die fundamentalen Ergebnisse der Arbeiten von P. Weiß[3] über den Magnetismus. Auch bei diesem treten bestimmte Atom-Momente auf, von unveränderlicher Größe, die Magnetonen, die für den

[1] Pohl, L. C. pg. 128 und 155.

[2] R. Pohl, Physik d. Röntgenstrahlen. Braunschweig 1912, F. Vieweg.

[3] P. Weiß, Journ. d. Phys. (5), I, 965, 1911 und Phys. Zeitschr. 12, 935, 1911. Siehe auch O. Lehmann l. c. S. 294.

Magnetismus etwa das sind, was die Elektronen für die Elektrizität. Sie verhalten sich wie kleine Magnetchen von molekularen Dimensionen, haben also das Bestreben, sich parallel zu richten, doch werden sie hierin, wie Langevin gezeigt hat, durch die Wärmeschwingungen der Moleküle beständig gestört. Völlige Parallelrichtung tritt deshalb nur bei homogenen Kristallen und auch bei diesen nur beim absoluten Nullpunkt ein. Ein solcher Kristall verhält sich dann, obschon er nicht magnetisiert wurde, als Magnet. Mit steigender Temperatur wird sein Magnetismus infolge der zunehmenden Unordnung unter den Magnetonen schwächer, bis schließlich ein Punkt kommt, der Curiesche Punkt, wo die Parallelstellung und damit das Auftreten von nachweisbarem Magnetismus überhaupt unmöglich wird. Jedes Atom nimmt immer nur eine ganz bestimmte Menge von Magnetonen auf. Astatische Systeme der Magnetonen zieht O. Lehmann zur Erklärung der von ihm entdeckten »flüssigen Kristalle« heran.

10. Plancks modifizierte Strahlungstheorie.

Ber. d. D. phys. Ges. 13, S. 138, 1912.

Es war bereits erwähnt Kapitel 3, daß die Verträglichkeit mit den Maxwellschen Anschauungen der Elektrodynamik ein besonders schwieriger Punkt der Planckschen Energiequantentheorie war und wohl auch noch ist. Dort setzten zuerst die Angriffe ein und zwangen ja auch Stark und Einstein, indem sie die diskontinuierliche Struktur der Energie auch im Äther annahmen, zu einer prinzipiellen Aufgabe der elektrodynamischen Grundgleichungen. Diesem radikalen Standpunkt gegenüber legte sich Planck selber wohl aber mit Recht die Frage vor, ob nicht eine Überbrückung möglich erscheine, etwa derart, daß man an der Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen im Äther unbedingt festhält und die Diskontinuitäten der Energieverteilung als eine besondere Eigenschaft der in der Materie eingebetteten Resonatoren auffaßt, so etwa, daß diese nur in der Lage wären entweder Energie von der Größe 1, 2, 3 . . . . . Quanten zu absorbieren oder zu emittieren. In seinen ersten Publikationen hatte Planck sich — ohne nähere Begründung — in der Tat den Resonator als ein quantenhaft absorbierendes Gebilde vorgestellt, hatte also dem Resonator eine gewisse »Reizschwelle« zugeordnet, so daß er nur, wenn der auffallende Energiebetrag diesen Reizwert

gerade erreicht, dann plötzlich den ganzen Reizwert der Energie absorbiert. Führte nun diese Vorstellung, wie wir sahen, zur Ableitung eines richtigen Strahlungsgesetzes, so boten sich bei näherem Eingehen auf dieselbe doch Schwierigkeiten dar, sich einen solchen quantenhaft absorbierenden Mechanismus vorzustellen. Einmal ist offenbar eine solche Absorption nur in einer bestimmten endlichen Zeit denkbar, da doch eine solche vergehen muß, bis sich am Ort des Resonators ein Energiequantum ansammelt, und zweitens ließ sich auch aus den Maxwellschen Gleichungen für den reinen Äther nicht angeben, was in dieser Akkumulationszeit, die sich an der Stelle des Resonators sammelnde Energie, die kleiner ist als ein Quantum, tut, wie sie sich verteilt usw. Da sie nach den Maxwellschen Vorstellungen nur absorbiert, reflektiert, durch den Resonator gebeugt oder ungebeugt hindurchgehen konnte, alles das aber nicht durfte, sondern sich gleichsam an seiner Stelle anhäufen mußte, so führte die Absorptionsvorstellung Plancks zu einem Widerspruch mit der für den Äther doch stabilierten Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen. Außerdem mußte die Akkumulationszeit bei schwacher Strahlung, da die Quanten ja mit r wachsen bei gleichmäßig schwacher Strahlung, für die einzelnen r verschieden sein, also für die kleinen Wellenlängen, für die ja in den gewöhnlichen Lichtquellen auch die Intensität stark sinkt, sehr groß werden. Es wäre daher event. denkbar, die Strahlung so abzuschneiden, daß die kleineren Wellenlängen noch nicht absorbiert werden konnten, das Strahlungsgleichgewicht also auch noch nicht eingestellt wäre, eine ganz unmögliche Forderung, die vor allem der Auffassung der schwarzen Strahlung als thermischer Gleichgewichtsstrahlung absolut widerspricht. Durch ähnliche Überlegungen veranlaßt, modifizierte Planck seinen Standpunkt nun dahin, daß die Absorption stetig, dagegen die Emission quantenhaft verläuft. Es ist ohne weiteres klar, daß, da wir über die Vorgänge im Innern des Resonators gar nicht unterrichtet sind, diese Hypothese von den erwähnten Schwierigkeiten frei und mit der Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen im Äther vereinbar ist. Wie modifiziert diese Hypothese nun aber die Strahlungsformel? Die Ableitung ist ähnlich wie im ersten Falle, nur kann man natürlich an irgend einer Stelle nicht die im Zeitelement dt absorbierte Energie gleich der emittierten setzen, da ja die eine stetig, die andere unstetig

ist. Wohl aber kann man diese Gleichung für die in größeren Zeiträumen absorbierten und emittierten Mittelwerte dieser Energie festhalten. Führt man diesen Gedankengang näher aus, so erhält man für die räumliche Dichte ϱ_ν der absorbierten Strahlung

$$\oplus \qquad \varrho_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}\left(\bar{U} - \frac{h\nu}{2}\right)$$

wo $\bar{U}$ die mittlere Schwingungsenergie des Oszillators ist. Nach der alten Absorptionstheorie war dieser Zusammenhang zwischen räumlicher Dichte der absorbierten Strahlung und emittierten Gesamtenergie des Resonators gegeben durch

$$\varrho_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}\cdot U$$

(c = Lichtgeschwindigkeit). Die Gedankengänge, die zur Einführung der Temperatur in diese Gleichung führen, d. h. mit anderen Worten die Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, die die Entropie des Resonators als Funktion seiner mittleren Energie $\bar{U}$ ausdrücken, bleiben ziemlich unverändert, und ergeben als Entropie

$$S = k\left\{\left(\frac{\bar{U}}{h\nu} + \frac{1}{2}\right) l_n\left(\frac{\bar{U}}{h\nu} + \frac{1}{2}\right) - \left(\frac{\bar{U}}{h\nu} - \frac{1}{2}\right) l_n\left(\frac{\bar{U}}{h\nu} - \frac{1}{2}\right)\right\}$$

Führt man dies in die thermodynamische bekannte Gleichung

$$\frac{1}{T} = \frac{dS}{dU}$$

ein, so ergibt sich für die Energie des Oszillators

$$\bar{U} = \frac{h\nu}{2}\,\frac{e^{h\nu/kT} + 1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

ein Wert, der von dem entsprechenden der ersten Theorie nur um den Faktor $\frac{h\nu}{2}$ verschieden ist. Also wie die obige Formel $\oplus$ zeigt, ist das Gesetz der schwarzen Strahlung in dieser neuen Auffassung unverändert geblieben. Die neue Auffassung modifiziert nur den Wert der Schwingungsenergie eines Oszillators, die nach ihr auch beim absoluten Nullpunkt nicht verschwindet. Natürlich ist eine experimentelle Entscheidung bei dieser Größe unmöglich.

Wenn auch die Modifikation die Schwierigkeiten der Planckschen Hypothese herabmindert, so läßt sie doch die Hauptschwie-

rigkeit, nämlich die Frage, wie ein solcher Resonator mit einem Schwellenwert der Emission gebaut sein müßte, bestehen. Doch kann man die Unmöglichkeit eines solchen a priori auch nicht behaupten.

Die vorstehende Arbeit ist hervorgegangen aus einer Bewerbung um den Preis der Eisenlohrstiftung, deren Thema lautete: »Darlegung der Energiequanten« und aus einem Vortrage über die »Neuere Entwicklung der Thermodynamik«. Die Verfasser möchten auch an dieser Stelle dem Direktor des Hamburger Physikalischen Staatslaboratoriums, Herrn Professor Dr. A. Voller, ihren Dank aussprechen für die freundliche Erlaubnis der Benutzung der Institutsbibliothek, desgleichen Herrn Dr. E. Oettinger-Berlin für manchen wertvollen Ratschlag.

Karlsruhe, Dezember 1912.

Physik. Inst. d. Techn. Hochschule.

Benutzte Literatur.

A. Einzelheiten:

H. Poincaré, Journal de Physique, Jan. 1912.
P. Lebedew, Ann. d. Phys. 6, 1901, 433.
W. Wien, Berl. Berichte 9/2, 1893.
H. A. Lorentz, Akad. d. Wissensch. Amsterdam, 18, 5, 1901.
M. Abraham, Ann. d. Phys. 10, 105, 1903.
J. H. Jeans, Proc. R. Soc. 76, 516, 1905.
W. Wien, Enz. d Math. Wiss. V. (3) 298, Heft 2, 1909.
E. Pringsheim, Arch. f. Math. u. Phys. VII, S. 252, 1904.
F. Kurlbaum, Ann. d. Phys. 65, 759, 1898.
O. Lummer u. E. Pringsheim, Verh. d. D. Phys. Ges. 2, 176, 1900.
O. Lehmann, Verh. d. Naturw. Ver. Karlsruhe, 24, 284, 285, 1911.
R. Pohl, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. 1910.
H. Poincaré, Journal de Physique, Jan. 1912.
H. Poincaré, C. R. 153, 1103, 1911.
H. A. Lorentz, Ph. Z. XI, 1248, 1910.
A. Einstein, Ann. Ph. 13, 132, 1905.
O. Lehmann, l. c. 285.
H. A. Lorentz, Ph. Z. XI, 352, 1910.
J. v. Kries, Z. f. Sinnes Physiol. 41, 873, 1906.
M. Planck, Ph. Z. XIII, 170, 1912.
W. Nernst, Z. f. El. Ch. 17, 1911, 265.
W. Nernst u. F. A. Lindemann, Z. f. El. Ch. 17, 817, 1911.
A. Einstein, Ann. Phys. 22, 1907, 185.
M. Born u. v. Karmán, Ph. Z. XIII, 297, 1912.
F. Haber, Verh. d. D. Ph. Ges. 13, 1117, 1911.
J. Stark, Verh. d. D. Ph. Ges. 1912.
A. Einstein, Ann. Phys. 22, 186, 1907.
O. Lehmann, l. c. S. 286.
F. A. Lindemann, Ph. Z. XI, 609, 1910.
G. Born u. v. Karmán, Ph. Z. XIII, 304, 1912.
F. Haber, Ph. Z. XII, 1035, 1911.
W. Hallwachs, Verh. d. D. Naturf. u. Ärzte, 83, I, 228, 1911.
A. Einstein, Ann. Ph. 17, 1905.
K. v. Mosengeil, Ann. Ph. 22, 298, 1907.
M. Planck, Berl. Ber. 13/6, 1907, 546.

W. Wien, Enz. d. Math. Wiss. V 2, 314, 1909.
Sommerfeld & Debye, Karlsr. Verh. d. Naturforscher- und Ärzte-Tags. 1911. S. 95 (II) u. Ph. Z. XII, 1057, 1911.
P. Weiß, Journ. d. Ph. (5) I, 965, 1911 u. Ph. Z. XII, 935, 1911.
O. Lehmann, l. c. 294.
M. Planck, Ber. d. D. Ph. Ges. 13, 138, 1911.

B. Bücher usw.

A. Winkelmann, Handbuch der Physik.
M. Planck, Thermodynamik.
F. Hack, Wahrscheinlichkeitsrechnung.
G. Jäger, Theoretische Physik.
R. Pohl, Die Physik der Röntgenstrahlen. Braunschweig 1912, F. Vieweg.

C. Benutzte Symbole.

Q Wärmemenge
T Temperatur
E Energie
p Druck
$S_{(\text{index})}$ Strahlung
λ Wellenlänge
c Lichtgeschwindigkeit
S Entropie
U Energie
N Anzahl
ν Frequenz
C Spezif. Wärme
J Mech. Wärmeäquivalent
R Gaskonstante
T_s Schmelztemperatur
V Volumen
x Elongation
$\dot{x}$ Geschwindigkeit
$\ddot{x}$ Beschleunigung
e Elementarquantum
$\mathfrak{E}$ Elektr. Feldstärke
ϱ Dichte

Über eine diluviale subarktische Steppenfauna aus den Sandhügeln von Mauer.

Von **F. Förster.**

Es werden etwa zwei Jahre verflossen sein, daß Reste eines Eisfuchses *(Canis lagopus)* in der großen Sandgrube von Mauer gefunden wurden. Da damals niemand mehr den Fundort angeben konnte, so geriet leider der Fund etwas in Vergessenheit, bis neuerliche Vorkommnisse das Vorhandensein einer subarktischen Steppenfauna dartaten. Unterdessen war aber die betreffende Sandschicht zum großen Teil durch die Sandfegen gewandert und mit ihr alle die kostbaren Tierreste einer längst vergangenen Zeit. Als ich meine Untersuchungen beginnen konnte, im Herbst 1912, fand ich das noch stehende Profil bereits mit etwas Vegetation bekleidet vor und konnte selbst zwischen den Tierresten noch lebende Pflanzenwurzeln antreffen. Kein Wunder, daß die äußersten Partien außer weißen zerbröckelten Resten von Knochen und Schädeln nur noch die Zähne der Nagetiere, von den Arbeitern als „Krallen" bezeichnet, enthielten. Erst durch tieferes Vordringen gelangte ich an Stellen, welche von Frost und Zersetzung noch weniger erreicht waren, und es gelang mir, einen Einblick in die Lagerungsverhältnisse zu gewinnen und eine Anzahl Tierreste zu retten, dabei über 60 mehr oder weniger gut erhaltene Schädel. Leider war das weitere Unterhöhlen des Lösses, der in einer Mächtigkeit von etwa 6½ m den Tierreste führenden Sand bedeckte, mit Lebensgefahr verbunden und daher nicht mehr möglich. Es mußte also gewartet werden, bis wieder ein Teil der Schicht vom Löß befreit war. Diese Arbeit erfolgte so unvermutet und gründlich, daß ich zu ihr zu spät kam. Doch hatte unterdessen der Vorarbeiter Laule in der Nagetierschicht die Geweihbasis eines jungen Renntieres mit den beiden untersten Sprossen gefunden und konnte mir die genaue Fundstelle noch zeigen. Ich überzeugte mich, daß die Schicht nun zu Ende war.

d. h. schon nach geringer Tiefe der sog. feste Sandstock, aus festen braunen und blutroten Schichten bestehend und dadurch wie gebändert erscheinend, zum Vorschein kam. Nachdem ich diesen Rest, so gut es das trübe Licht jenes Tages und die früh hereinbrechende Dunkelheit erlaubten, fast ganz noch untersucht hatte, machte ich bei meinem nächsten Besuch die Wahrnehmung, daß auch dieser Rest von anderer Hand bis auf den Sandstock ausgebohrt war, samt dem von mir wieder an Ort und Stelle verbrachten schon durchsuchten Sande.

Die Untersuchung der Sohle der Schicht förderte noch einige weniger wichtige Reste zutage.

Die Schicht selbst befand sich zwischen der neuen und der alten Grube, nahe der ersteren und zwar in der nördlichen Wand, 6½ m vom Löß überdeckt. Der Löß ist an dieser Stelle frei von größeren Lößmännchen, im Gegensatz zu andern Stellen der Lößdecke. Löß- und Nagetierschicht fallen mit der Basis nach dem neuen Eingang der Grube zu, nach Westen, so daß nach etwa 8 m die Dicke der Lößschicht schon 9—10 m ausmacht. Die Größe der Tierreste enthaltenden Sandschicht läßt sich nicht mehr genau bestimmen. Nach den Angaben des Vorarbeiters dürfte sie etwa 10—11 m breit und etwa 12½ m lang gewesen sein. Die Mächtigkeit der Schicht betrug vom Löß ab etwa 1 m, soweit ich es noch feststellen konnte, wobei bemerkt sei, daß die obersten Tierreste bis 30 cm vom Löß entfernt waren, und sich die Fundplätze von da an bis etwa 70 cm in die Tiefe erstreckten. Der Vorarbeiter Laule fand seinerzeit etwa 11 m vom heutigen Profil entfernt, der Nordwestwand ungefähr parallel, einen heute mit Löß gefüllten, etwa 5 m breiten Graben von starkem Gefäll (45°), der sich mitten durch den Sandstock zog und am Grunde kleine gerollte Steinchen enthielt. Dieser Graben bildete die Grenze der Nagetierschicht nach der Mitte der Sandgrube.

Den Arbeitern war die Schicht während des Abhebens stets auffällig durch große Lockerheit der Sandmassen gegenüber den andern Partien der Sandgrube. Es sah fast so aus, als sei der Sand schon einmal umgegraben worden. Ich kann dies bestätigen. Die Tierreste lagen zum Teil in lockern Sandnestern, aber auch in mitunter festen kleinen Tonbänkchen, und ich konnte einmal eine horizontale etwa 10 cm dicke Schicht von Tierleichen auf 2—3 m Profillänge und 50 cm Breite verfolgen, welche besonders viele Arvicolen-

reste enthielt. Die Tierreste sind also zweifellos eingeschwemmt und vom Wasser abgelagert. Trotzdem sind die Skelette nie vollständig. Meist fanden sich Extremitätenknochen, Stücke der Wirbelsäule usw. unter sich und mit Schädeln verkittet, und zwar von verschiedenen Arten. Nur wenige Arvicolenskelette traf ich fast vollständig an, aber konnte nur einen Teil retten, da immer etwas vom Skelett zu Pulver zerfallen war. Bei den Schädeln betrifft dies ganz besonders die Schädelkapsel der kleinen Arvicoliden, deren Decke ich nur in drei Fällen erhalten konnte. Dagegen lieferte schon *Arvicole amphibia, A. terrestris* eine Reihe fast vollständiger oder ganz unversehrter Schädel und andere Skeletteile. Alle Tierknochen verdanken ihre Erhaltung einer Zementierung mit Kalkkarbonat, teilweise ist der Sand in dicken Krusten mit den Tierresten verkittet. Behandelt man die Knochen mit HCl, so zerfallen sie zu Brei, während ich mit Essig gute Resultate erzielte. Besonders gelang es durch Bürsten mittelst eines in Essig getauchten weichen Pinsels, die Kaufläche der Zähne vollständig von den Sandinkrustationen zu befreien, welche Arbeit aber mit der größten Behutsamkeit ausgeführt werden mußte. Die Zahl der aufgefundenen Tierarten ist keine große, immerhin aber genügend zur Charakterisierung. Außer den im nachfolgenden zunächst beschriebenen Arten fanden sich also *Canis lagopus,* der kleine Eisfuchs oder eine Rasse desselben, *Cervus tarandus,* das Renntier; *Lepus sp.,* eine Hasenart, nicht unser heutiger Hase *L. timidus,* wohl aber eher eine der sibirischen Arten des *L. variabilis,* ferner zwei Arten *Spermophilus* oder Ziesel. Das Ziesel lebt noch in einer Art in Schlesien und kam früher auch bei Regensburg vor. Es ist mir nicht bekannt, daß bis jetzt mehr als eine diluviale Zieselart an einem Orte gefunden wurde, die meist als *Sp. rufescens* betrachtet wird. Außer unserm Maulwurf, *Talpa europaea,* findet sich noch das kleine Wiesel, *Mustela nivalis* (als Feind der zahlreichen Wühlmäuse und der Lemminge, Reste von nordischen Wildgänsen (Brantaarten) [1] und noch wenige Reste anderer Vögel und Säugetiere, deren genauere Bestimmung den zweiten Teil unserer kleinen Arbeit bilden soll.

Die vollständigen Schädel und die Art der Lagerung beweisen, daß es sich bei unseren Funden nicht um Gewöllreste von Eulen oder Reste der Mahlzeit von Raubtieren handelt, wie etwa beim Schwei-

[1] Nach der frdl. Bestimmung des Herrn Prof. Dr. E. Fraas in Stuttgart.

zersbild oder bei Zuslawitz oder Langenbronn, sondern um Verhältnisse, wie sie Nehring von Thiede bei Wolfenbüttel geschildert hat.

Die meisten Skelette waren gewiß schon in Teile zerfallen und wurden als solche angeschwemmt. Sicher war die Strömung nur eine schwache, da schwerere Knochen ganz fehlen. Lößmännchen fanden sich im Sande sehr wenige und kaum in Nußgröße, so daß ich selbe ein paar Mal als Arvicolenschädel mitnahm. (Die Schädel waren vor dem Reinigen durch anhängenden Sand und Lehm oft unkenntlich.) Gerollte Steine traf ich einzeln, bis von der Größe eines Hühnereies. Von Conchylien gelangten *Helix hispida* und die für diluviale eiszeitliche Schichten typische *Succinea elongata A. Br.* zur Beobachtung, welch letztere Art sich in Mauer aber von der großen Lettenbank ab häufig findet, zusammen mit den Resten von *Rhinoceros etruscus* und *Elephas antiquus* [1].

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Anschwemmung der Tierreste unserer Nagetierschicht mit der primären Ablagerung der Maurer Sande nichts zu tun hat, dagegen vor der Auflagerung der dortigen Lößdecke erfolgt ist, und es dürfte der Fauna ein erheblich höheres Alter zukommen, als der von Woldrich beschriebenen, aus der Felsspalte von Zuslawitz oder gar der Fauna der Nagetierschicht des Schweizersbildes.

I. Teil.

Arvicoliden.

Wie begreiflich, ist die Untersuchung der Arvicoliden unserer Schicht hauptsächlich auf das Studium der Dentition gegründet, wobei fast nur zusammengehörige Ober- und Unterkiefer zur Betrachtung gelangten, was den erzielten Resultaten im Gegensatz zu andern Arbeiten eine außerordentlich solide Basis verleiht. Es war aber auch dringend nötig, einige Studien an rezentem Material zu machen, wozu besonders *Microtus (Arvicola) arvalis* diente. Aus diesen ergaben sich einige sehr wichtige Wahrnehmungen: Wie schon Blasius gezeigt hatte, unterliegt der Bau der Dentinschlingen nicht unbedeutenden Abweichungen, die nicht immer durch das

[1] Menzel rechnet *S. elongata* zu einer Gruppe mit *Vertigo parcedentata A. Br.*, *Vallonia tenuilabris A. Br.*, *Patula ruderata Stud.* und *Pisidium glaciale Cless*, deren Zugehörigkeit zur mittleren Eiszeit für einige Arten ziemlich wahrscheinlich sei. (Menzel: Die Binnenmollusken als Leitfossilien der deutschen Quartärbildungen.)

Alter des betreffenden Tieres bedingt sind. Schon die Anlage der Basalschlinge von Molar 1 im Unterkiefer und der Endschlinge von Molar 3 im Oberkiefer zeigt sich veränderlich, und das kann sich selbst an zwei zusammengehörenden Oberkieferhälften erweisen [1]. Die Schlingenzeichnung des Unterkiefers ist schon von früher Jugend an fixiert, also weder durch unproportionale Verbreiterung der Zähne nach der Basis zu noch durch sonstiges Wachstum auffällig verändert, die Basis von *m1* ausgenommen. Andere Resultate ergeben sich bei den Maxillarzähnen. Hier erscheinen die Seitenschlingen in der Jugend schmal lanzettlich und oft scharf zugespitzt, im Alter werden sie gerundet, oft fast viertelskreisförmig im Umriß oder fast quadratisch, was dem Gesamtbild ein ganz anderes Aussehen verleiht. Es ist diese Verbreiterung der Zähne nach der Basis zu aber erklärlich und muß im Abrasionsbilde zum Ausdrucke kommen, wenn auch die Abnützung der Zähne bei den Rodentia durch ein starkes, bis ins hohe Alter andauerndes Wachstum nicht nur der Nagezähne aufgewogen wird, so daß man nie so sehr abgenützte Zahnreihen findet, wie bei andern Familien der Säugetiere.

Was die Literatur anlangt, so konnte ich über unsere rezenten Arvicoliden keine größere Arbeit finden, welche neuere Untersuchungen zur Grundlage gehabt hätte. So erwiesen sich besonders die von Prof. Dr. O. Schmiedeknecht 1906 herausgegebenen „Wirbeltiere Europas" als eine verkürzte Abschrift der alten Arbeiten von Blasius u. a. und daher nicht zeitgemäßer als es Blasius ist, weshalb immer auf letzteren als den eigentlichen Forscher zurückgegriffen wurde. Erfreulicheres zeigt der Ausblick auf die Literatur der Diluvialformen. Neben Männern wie Nehring, der bahnbrechend geworden war, habe ich besonders Woldrich berücksichtigt, dem aus den Felsspalten des Zuslawitzer Steinbruches ein Material geboten war, wie es an Großartigkeit bisher seinesgleichen nicht wieder gefunden hat.

Microtus amphibius L. seu terrestris L. Rasse ingens (*M. terrestris ingens*).

Der größte Teil von Schädeln mit erhaltener Schädelkapsel entfällt auf diese Art und ist sie die häufigste Arvicolide in der

[1] Siehe auch Büchner: *Mammalia Przewalskiana* Taf. XVIII Fig. 6.

Schicht. Es liegen allein 25 Schädel vor mit vollständig erhaltenen Zahnreihen der beiden Kiefer, ebenso zahlreiche andere Skelettreste. Der Vergleich erwachsener Stücke zeigt, daß der diluviale *M. amphibius* von Mauer größer ist als der rezente, was für viele andere diluviale Tierformen gilt. Die Entfernung der beiden fernsten Punkte der Jochbeine beträgt 2,5 cm, vom Vorderende der Nasalia bis zur Hinterhauptskante sind es 3,4 cm. Was nun das Zahnbild anlangt, so stimmt dieses sehr gut zu Abbildung pg. 344 *(M. amphibius)* in Blasius Fauna der Wirbeltiere Deutschlands, aber im Unterkiefer ist die Basalschleife von *m1* mehr in die Breite gezogen. Das stimmt besser mit einer Anzahl Schädel überein, die in der Stuttgarter Königlichen Naturaliensammlung als *M. terrestris* liegen. Aber schon bei jungen Tieren des Amphibius von Mauer tritt eine auffallende Verlängerung des vor dem Jochbogen liegenden Teiles des Schädels in die Erscheinung. Bei einer Terrestris von Bretten besitzt die Kaufläche der Oberkiefermolaren eine Länge von 7½ mm. Der Abstand der Alveola von *m1* und der entsprechenden Nagezahnalveole beträgt 9 mm. Bei einem jungen Amphibius (No. 10) von Mauer sind diese Maße = 8 mm bezw. 12½ mm. Länge der Nasalia Bretten 7 mm, Mauer 9 mm. Bei alten Stücken von Mauer ist die Kaufläche 9½ mm lang, der genannte Alveolenabstand aber 15 mm, die Länge der Nasalia beträgt 12 mm.

Was nun die Basalschlinge von *m1* des Unterkiefers anlangt, so ist diese schon bei rezenten Terrestrisformen stärker in die Quere verbreitert als bei gewissen rezenten Amphibius-Rassen. Nach der Abbildung von *Amphibius s. str.* in „Blasius" ist der Abstand der Spitze der Schlinge von der Einschnürung am Innenende der Schlinge größer als die Entfernung der beiden Seitenecken (also der Längsdurchmesser der Schlinge ist größer als der quere Durchmesser), wenn auch kaum merklich, bei der Amphibius von Mauer ist es gerade umgekehrt. Dabei stumpft sich die Spitze der Schlinge stark ab, so daß die vordere Hälfte der Schlinge mehr minder halbkreisförmig erscheint, ja die ganze Schlinge kreisförmig. Im Alter sind die beiden Seitenecken wieder besser ausgeprägt. Aber es kommen auch Stücke vor, die im Alter noch völlig gerundete Seiten der Basalschleife zeigen. (Fig. 2.) Hieraus läßt sich folgern, daß wir es mit einem extremen Terrestris-Typus zu tun haben. Es ist auch wahrscheinlicher, daß die Maurer Wasser-

ratte die Trockenform der Amphibius repräsentiert, und nicht *Amphibius s. str.* In der Form der Seitenschlingen finden wir das eingangs Gesagte bestätigt. Junge Stücke haben mehr lanzettliche und schärfer gespitzte Schlingen als alte. Aberrationen kommen vor. (Siehe Fig. 1b, erste äußere Seitenschlinge.) Länge der Backzahnreihe des Unterkiefers längs der Kaufläche gemessen 9—9½ mm bei erwachsenen, von 8 mm ab bei den vorliegenden jüngeren Stücken.

Oberkiefer: Hier können wir an dem Material diejenigen Modifikationen beobachten, die das Alter der Tiere an dem Gebiß hervorruft. Beim Jungtier die Schleifen spitz, bei älteren gerundet. Dabei bietet die Endschleife des letzten Backzahnes ein charakteristisches Bild. Sie ist beim jüngeren Tier hackenförmig, beim älteren wurstförmig konturiert und stimmt mit dem Bau der Schleife bei Amphibius und Terrestris überein. Beim Jungtier ist die Abschnürung der Endschlinge von *m3* keine so vollkommene, d. h. die Berührung der Schmelzbänder findet noch nicht statt. Länge der Backzahnreihe längs der Kaufläche gemessen $8^2/_3$ bis 9 mm bei alten Stücken, bei jüngeren des Materials von 7,1 mm ab. Es erhebt sich nun die Frage, in welcher rezenten Amphibius-Form unsere Maurer Stücke zu vergleichen sind. Da bei der Wasserform der Wühlratte die Basalschleife von *m1* im Unterkiefer lanzettlich spitz erscheint, bei der Landform-Terrestris des Stuttgarter Museums aber mehr kreisförmig, so wird es am besten sein, die Maurer Wühlratte zu Terrestris zu stellen. Wenn wir berücksichtigen, daß die Tiere unserer Fauna Steppentiere sind, so wird uns diese Stellung auch in dieser Hinsicht befriedigen. Es ist nun zweifellos, daß wir den heute lebenden Vertreter der Maurer Wühlratte nicht bei uns, sondern im Nordosten und Norden zu suchen haben. (Leider ist es vor Frühjahr 1913 unmöglich, etwa sibirische Wühlratten sammeln zu lassen.) Von östlichen Formen kann ich nur ein Stück aus der Sarpasteppe vergleichen. Es ist im April erlegt, also ziemlich ausgewachsen. Die Farbe des Balges ist ein sehr dunkles Rostbraun, Kopfseiten und Ohrgegend reiner rostrot, Beine fast schwarz, Unterseite mehr ins graue. Unterkiefer: Länge der Backzahnreihe längs der Kaufläche 8½ mm. *m1* = 4 mm, *m2* = 2½ mm, *m3* = 2 mm. Basalschleife von *m1* fast kreisförmig, die Innenseite halbkreisförmig, die äußere einen stumpfen Winkel bildend. (Fig. 4a.) Diese Steppen-

form steht also unserer Maurer Wühlratte äußerst nahe und sind beide von der Wasserform *Amphibius s. str.* mit ihrer breit lanzettlichen Basalschlinge von *m1* leicht zu trennen. Die Kaufläche der Oberkieferbackzahnreihe ist 8 mm lang. Hiervon entfallen auf *m1* 2 mm, auf *m2* 2½, auf *m3* 3½ mm. Endschlinge von *m3* im Umriß mehr nierenförmig als wurstförmig, da die Endhälfte fast doppelt so breit ist als die vordere Hälfte. (Fig. 4b.) Der Abstand der Alveole von *m3* und der entsprechenden Nagezahnalveole beträgt 12½ mm (gegen 15 mm bei den größten Maurer Stücken), die Länge der Nasalia 10 mm (gegen 12 mm). Die erhöhten hinteren Augenhöhlenleisten der Sarpawühlratte fließen mit der *Sutura sagittalis* zusammen [1]. Es liegt somit eine alte Wühlratte vor, vom Terrestris-Typus, die das oben Gesagte bestätigt.

Microtus Mosbachensis Schmidtgen [2].

Da die Mosbacher Sande so viel Übereinstimmung mit denjenigen von Mauer hinsichtlich der Fauna zeigen, so liegt es nahe, unter den Maurer Arvicoliden auch nach dem *Microtus Mosbachensis* zu suchen. *Microtus Hypudaeus amphibius* wird von Mosbach erwähnt schon von Prof. Sandberger 1875, dann von Koch, Andreae und Kinkelin (nach Schröder). Henry Schröder hält das Mosbacher Arvicolamaterial für zu ungenügend, um die Spezies genau bestimmen zu können. Durch O. Schmidtgen ist nun dieses Material etwas vermehrt worden und hat Schmidtgen die für Amphibius gehaltene Form als neue Art *M. Mosbachensis* beschrieben und genaue Zahnbilder davon gegeben. Seine zwei Vergleiche mit rezentem Amphibius sind allerdings ohne Belang in Anbetracht der ungeheueren Verbreitung des Amphibius-Typus mit seinen noch nicht ganz studierten, aber in Anzahl vorhandenen Subspezies. An den Zahnschleifenbildern des Unterkiefers läßt sich erkennen, daß zweifellos eine Rasse des Terrestris-Typus vorliegt. (Basalschlinge von *m1* gerundet.) Inwieweit das Nichtangrenzen der Dentinschlingen als Alterserscheinung zu betrachten ist, sei dahingestellt.

[1] Bei der Maurer Wühlratte ist die hierdurch entstandene Einschnürung viel stärker und der dadurch emporgetriebene Längskiel viel höher, besonders an anscheinend männlichen Schädeln.

[2] Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Großh. Geologischen Landesanstalt zu Darmstadt für das Jahr 1911. IV. Folge Heft 32.

Es scheint mir aber, daß das Mosbacher Material aus Zähnen sehr junger *M. amphibius* besteht. Oft findet man z. B. von Wildpferden nur Zähne junger Tiere und es dauert jahrelang, bis man einen Backzahn eines erwachsenen Tieres antrifft. So wäre es auch möglich, daß der Mosbacher Flut nur die unbehilflicheren Jungtiere von *M. amphibius terrestris* zum Opfer gefallen sind. Das würde auch den starken Zerfall der Schädel erklären. Überhaupt scheint das Material abgeschliffen zu sein, wenigstens dürften wohlerhaltene Backzähne von Arvicoliden niemals ein Bild darbieten wie l. c. Fig. 3c (pg. 190). Studien an rezentem Material werden die Frage entscheiden, da leider kein Schädel mit erhaltenen Frontalia vorliegt. So wäre es immerhin möglich, in dem *Microtus Mosbachensis* die gleiche Form erkennen zu können wie die von Mauer, aber in einem so jungen Zustande, wie er von Mauer nicht mehr vorliegt. Die Maurer Hochflut müßte dann später im Jahre erfolgt sein als diejenige, bei der die Mosbacher Tiere ihren Tod gefunden haben. Möglicherweise sind aber die Mosbacher Reste viel älter als die Maurer und mit dem Sande selbst abgelagert. Wir hätten dann eine Vorläuferin der Maurer Wühlratte. Zum Vergleich der Größe von Mosbachensis-Zähnen mit den entsprechenden von Mauer und rezenten Stücken sei nachfolgende Tabelle gegeben (Werte für *M. Mosbachensis* nach O. Schmidtgen l. c. pg. 186).

Länge der Backzähne in mm längs der Kaufläche gemessen.

	M. terrestris ingens ad.	*M. terrestris ingens juv.*	*Microtus Mosbachensis*	*Terrestris* von Bretten *juv.*
Oberkiefer *m1*	3.5	3.5	3—3,4	3
» *m2*	2.5	2.5	1,4—1,7	2,3
» *m3*	3	2	1,5	1,8
Unterkiefer *m1*	4.5	3.5	2,3—2,6	3.5
» *m2*	2.5	2.5	1,9—2	2,2
» *m3*	2,5	2	1,9—2,1	2
Ganze Backzahnreihe	9.5	8	6,1—6,7	7.7

Aus unserer Tabelle geht hervor, daß sich *M. Mosbachensis* in der Länge der Backzähne am meisten der *M. terrestris* von Bretten nähert, aber noch kleiner ist. Der Brettener Schädel stammt aber

von einem Tier, das im September getötet wurde, also von keinem sehr jungen, sondern von einem schon selbständigen ältern Jungtier. Junge vom Juli oder Anfang August dürften dieselben Zahlenwerte ergeben wie *M. Mosbachensis.* Ich möchte mich also Schröders Ansicht von der Mangelhaftigkeit des Mosbachensis-Materiales anschließen, aber nur bezüglich der Rassenzugehörigkeit. Den Microtus terrestris-Typus halte ich für erwiesen, wenn mir auch unter dem ganzen diluvialen und etwas dürftigen rezenten Amphibius-Material nie ein Zahnbild unter die Augen kam, mit so stark voneinander abstehenden Dentinschlingen, wie von Mosbachensis angegeben, auch nicht unter den übrigen Arvicoliden.

Microtus gregalis Desm.

(Arvicola gregalis).

Nach Woldrich unterscheidet sich *Arvicola gregalis*, eine nordisch-sibirische Wühlmaus, dadurch von den verwandten Arten, daß im Unterkiefer der vordere Zahnteil des 1. Backzahnes v o r der 4. innern Schmelzschlinge sich abschnürt. Bei Ratticeps ist er dort so breit wie ganz an der Basis. Auch von Mauer liegt Gregalis in einer Anzahl von Schädeln mit zugehörigem Unterkiefer vor. Die Art ist nach der Basalschleife von *m1* des Unterkiefers leicht zu erkennen. Woldrich unterscheidet zwei Formen, nach dem Unterkiefer. Fehlt dort die erste äußere Kante von *m1*, so nennt er die Form ratticepoid. Ist aber die basale Schmelzschlinge von *m1* im Unterkiefer beiderseits vor den ersten Kanten etwas eingeschnürt, innen mehr, außen weniger, so nennt er diese Varietät arvaloide Form der Gregalis. Fig. 6a und b und Fig. 7a und b geben den charakteristischen Bau der Zahnschleifen der Maurer Gregalis wieder. 7a und b stammen von einem jungen Exemplar. Die Länge der Kaufläche der Backzahnreihe des Unterkiefers beträgt 5,75 mm. Davon entfallen auf *m1* 2,5, auf *m2* 1,75 und auf *m3* 1,5 mm. Im Oberkiefer beträgt die Länge der genannten Zahnreihe 6 mm. *m1* = 2 mm, *m2* = 1,75 mm, *m3* = 2,25 mm. Die Seitenschlingen sind noch spitz und schmal. Fig. 6a und b stellt dagegen das Gebiß eines sehr alten Stückes dar. Die Gesamtlänge der Kaufläche der Backzähne des Unterkiefers beträgt hier 7 mm, wovon auf *m1* 3, auf *m2* 2 und auf *m3* 2 mm kommen. Beim Oberkiefer beträgt die entsprechende Länge der Zahnreihe 7 mm.

bei 1 mm Höhe der Zahnsäulen. *m1* ist 2,5, *m2* 2, *m3* 2,5 mm lang. Vergleicht man beide Gebisse (No. 1 und No. 4 der Sammlung), so ergibt sich die starke Verbreiterung der Dentinprismen nach unten, verbunden mit starker querer Abstumpfung der Seitenschleifen bezw. Kanten auf der Innenseite der Backzähne des Oberkiefers, während das Zahnbild beim Unterkiefer sehr wenig durch Alter verändert erscheint. Die Oberkiefer der Jungtiere und alter Stücke sehen daher so verschieden aus, daß man auf den ersten Blick versucht wäre, zwei verschiedene Microtusarten daraus zu konstruieren.

Von keinem Stück dieser sibirischen (transbaikalischen) Wühlmaus ist die Schädelkapsel erhalten geblieben.

Microtus Eversmanni (*Poljak.*).

Das Vorkommen dieses Nagers in den Maurer Sanden ist von großem Interesse. Sie gehört nach Büchner mit *M. sikkimensis Hodgs, melanotus Milne Edw.* und *M. Güntheri Danf. et Alst.* zu einer Gruppe, deren Charakteristikum der aus nur 4 Schmelzschlingen gebildete 2. Backzahn des Oberkiefers ist. Büchner stellte das für alle untersuchten Exemplare des *M. Eversmanni* fest, bemerkt aber, daß Winge bei 5 % untersuchter dänischer Exemplare des *M. agrestis* auch 4 statt 5 Schmelzschlingen gefunden habe und ebenso von Lataste am Pic du Midi ein *M. agrestis* mit 4 Schlingen entdeckt worden sei. (Der *M. campestris Blasius.*) Trotzdem hält Büchner *Microtus Eversmanni* für eine von dem sonst ähnlichen *M. agretis* bezw. *campestris* gut verschiedene Art. Ich muß dem beistimmen, denn die Maurer Exemplare unterscheiden sich schon durch die geringe Ausbildung der drei vordersten Schmelzschlingen des ersten untersten Backzahnes von *M. agrestis* und stimmen damit mit Büchners Type gut überein. Die Art unterscheidet sich meist schon durch rein weiße Farbe der Zähne von den andern Microtusspezies der Schicht. — *M. Eversmanni* ist die Form der subarkt. Steppe, die sich in Sibirien rein erhalten hat, bei uns aber vielleicht in die Form der Wälderzeit, *M. agrestis,* umgebildet wurde, mit seltenen Rückschlägen (*campestris Blas.*).

Heutige Verbreitung: Sibirien, Tjan-schan, Dshungarei.

Von dem Maurer *M. Eversmanni* haben wir 2 Gebisse abgebildet, Fig. 8a und b und Fig. 9a und b. Während die Oberkiefer

in bezug auf die Endschleife von *m3* dem *M. gregalis* recht ähnlich sind, gibt es doch ein Merkmal, sie leicht zu unterscheiden. Bei Gregalis sind nämlich die zwei letzten innern Seitenschlingen deutlich schräg nach hinten gerichtet, bei Eversmanni eher schräg nach vorn. Ganz verschiedene Bilder zeigt die Basalschleife von *m1* des Unterkiefers beider Arten. Sie ist bei Eversmanni mehr kreisförmig, bei Gregalis von wurstförmigem Umriß. In der Zahl (4) der Schlingen von *m2* des Oberkiefers stimmt Gregalis mit unserer Art überein.

Während *M. gregalis* die häufigste kleinere Art in unserer Schicht ist, tritt *M. Eversmanni* etwas seltener auf. Doch gelang es, von Eversmanni einen Schädel mit vollständiger Schädelkapsel zu bergen (No. 9). Länge dieses Schädels von den Nagezahnalveolen bis zum Hinterrande des Hinterhauptloches 28 mm, Entfernung der hintern Ansatzstellen der Jochbögen 12 mm. Länge des Unterkiefers von den Nagezahnalveolen bis zum Ende des untersten hintern Fortsatzes = 17 mm. Nach der medianen *Crista* zwischen den Augenhöhlen zu schließen, gehört der Schädel einem erwachsenen Tier an, obwohl die Länge der Backzahnreihe im Oberkiefer, längs der Kaufläche gemessen, nur 5½ mm beträgt. Die abgebildeten Gebisse zeigen folgende Maße: No. 8. (alles längs der Kaufläche gemessen[1]), Unterkiefer: Länge der ganzen Backzahnreihe 6 mm; *m1 = 2,5, m2 = 1,5, m3 = 2.* Oberkiefer: *m1 = 2,3. m2 = 1,6, m3 = 2 mm.* No. 7. Unterkiefer, ganze Backzahnreihe = 6,5 mm. *m1 = 3, m2 = 1,5, m3 = 2.* Oberkiefer, Gesamtlänge der Backzähne = 6,5. *m1 = 2,5, m2 = 1,75, m3 = 2,25.* Im allgemeinen stimmen diese Zahlen mit denjenigen überein, die Büchner von rezenten Stücken des Eversmanni aus den asiatischen Hochsteppen gibt.

Microtus sp.

Schädel No. 2. Fig. 10a und b.

Wir geben in Fig. 10 die Backzahnreihe des Ober- und Unterkiefers einer Microtus wieder, die bezüglich des Unterkiefers mit *M. Eversmanni* ganz gut stimmt. Der Oberkiefer ist aber mehr ratticepsartig, so daß ich das Stück zuerst auf M. ratticeps bezog.

[1] Es wäre natürlich richtiger, längs den Alveolen zu messen, was aber nur bei zahnlosen Kiefern ohne zu große Ungenauigkeiten möglich ist.

Es steht aber an Größe dieser Art sehr nach und hat ungefähr die Maße von *M. Eversmanni,* so daß ich glaube, daß der Schädel einem atypischen *M. Eversmanni* angehört. Länge der Backzahnreihe in Unter- und Oberkiefer 6 mm.

Myodes torquatus Pall. mauerensis n. subsp.

Mit Recht bezeichnet Nehring den Halsbandlemming als das interessanteste aller diluvialen Nagetiere. Er ist leicht von den andern Arten der Gattung Myodes zu unterscheiden, da bei ihm, wie schon Nehring feststellte, die Nagezahnalveole noch ganz neben dem letzten Backzahn hinläuft. Bei *M. obensis, lemnus* und *schisticolor* endet sie dagegen schon neben der vorderen Hälfte von *m3*. Von den Arten der Gattung Microtus (Arvicola) sind alle Lemminge leicht zu trennen, da nach Nehring bei ersteren die Nagezahnalveole hinter *m3* reicht und von da an mit in den *Processus condyloideus* hinauf. Dadurch wird *m3* etwas nach innen aus der Zahnreihe hinausgedrückt, im Gegensatz zu Myodes, bei welcher Gattung m 3 aus der Ebene der Innenwand des Kiefers nicht heraustritt. Am Oberschädel erwachsener Myodes beobachtet man anstelle der kielförmigen *Sutura sagittalis* im Gegenteil eine Längsfurche. Das Gebiß des Maurer Lemmings zeichnet sich vor den Microtus-(Arvicola-)Arten durch besonders schmale seitliche Dentinprismen des Unterkiefers aller und des Oberkiefers alter Stücke. Es konnten in unserer Schicht Schädelreste von 5 Individuen gesammelt werden. No. 30 (Fig. 11a), jetzt in der Königlichen Naturaliensammlung zu Stuttgart, (wo auch Cotypen der meisten übrigen Arten niedergelegt sind) besitzt einen sehr schön erhaltenen rechten Unterkiefer. Von No. 31 (Fig. 12b) ist der Oberschädel fast vollständig erhalten, nebst den Halswirbeln. Von No. 32 (Fig. 14) konnte der Oberschädel mit beiden Unterkiefern gerettet werden. Schädelkapsel leider zerdrückt. No. 33 ist ein vollständiger Schädel mit anhängenden Unterkiefern, von welch letzteren einer des Studiums halber lospräpariert wurde (Fig. 13a und b). Endlich liegt noch ein einzelner Unterkiefer vor. Drei Schädel gehören erwachsenen Tieren an, No. 33 einem Jungtier. Vergleicht man die Basalschlinge von *m1* im Unterkiefer mit Nehrings und Woldrichs Torquatusbildern, so ergibt sich im Gegensatz zu den mehr symmetrischen Schlingen des Materials der genannten Forschern eine stark asymmetrische Bildung von Giesbecken — ähnlicher Zeichnung. Da

sich letztere schon bei jungen Stücken mit noch kaum vertiefter *Sutura sagittalis* findet, so kann sie nicht auf Altersunterschied beruhen, weshalb ich mich genötigt sah, eine Subspezies des *M. torquatus* darauf zu gründen. Zum Vergleich seien die Torquatusbilder von Nehring und Woldrich beigefügt. Von hohem Interesse ist der Jungtierschädel No. 33. Vergleicht man seinen Oberkiefer mit dem eines erwachsenen Stückes (Fig. 13b mit 12b), so ergeben sich die bedeutenden, durch die Altersdifferenz hervorgerufenen Unterschiede. Die beiden Tiere stimmen aber in der Länge der Nagezahnalveole des Unterkiefers genau überein, ebenso im Zahnbild des Unterkiefers, und ich halte es für ausgeschlossen, daß an einem Orte gleichzeitig 2 Spezies des so scharf fixierten Torquatus-Typus gelebt haben, d. h. daß der junge Schädel einer andern Spezies angehört, als die 3 alten Schädel.

Maße des *Myodes mauerensis:* (Alle Zähne längs der Kaufläche gemessen, alles in mm.) No. 30. Länge der Backzahnreihe des Unterkiefers 7 mm. No. 31. Länge der Backzahnreihe des Oberkiefers 6½ mm, größte Breite 1½ mm; Länge von *m1* = 2, *m2* = 2, *m3* = 2½ mm. Größter Abstand der Jochbögen 22 mm. Querer Abstand der Spitzen der vorderen Jochbogenansatzstellen 8 mm. Abstand der Augenhöhlenleisten zu beiden Seiten der *Sutura sagittalis,* in der Mitte gemessen, 2½ mm. Länge der Frontalia 12 mm, der Nasalia 8 mm. Breite der Nasalia, in der Mitte gemessen, 3 mm. Abstand der beiden Außenkanten der Backzahnreihen, in der Mitte gemessen, 5½ mm. Vom Hinterrand der Alveole von *m3* bis zur Nagezahnalveole sind es 16 mm, von letzterer bis zur Alveole von *m1* also 9½ mm. Länge der Nagezähne bis zur Alveole 10 mm, Breite eines Nagezahnes an der Spitze etwa 5/6 mm. Die Nagezähne stehen fast senkrecht ab, sind kurz und wenig gekrümmt, meist weniger gelb als bei Arvicola oder rein weiß, mit schwärzlichen Enden. Schädel No. 32. Unterkiefer: Länge der Backzahnreihe, längs den Alveolen gemessen, 7 mm, längs der Kaufläche ebensoviel. Hiervon entfallen auf *m1* 3½, auf *m2* 2½ und auf *m3* 1½ mm. Vom Hinterrande der Nagezahnalveole bis zum Ende der Backzahnreihe 12½ mm, bis zur Alveole von *m1* = *6 mm,* vielleicht nicht mehr genau, da der Alveolenrand des Nagezahns nicht mehr ganz vorhanden zu sein scheint. Abstand des innersten Punktes der Bucht zwischen *Processus condyloideus* und Hinterrand des Kiefers und dem Vorderrande der Al-

veole von $m1 = 10,5$ *mm*. Höhe des Unterkiefers bei $m1$ gemessen $= 6$ *mm*. Das Hinterende der Nagezahnalveole geht noch um einen ganzen mm über das Hinterende des letzten Bachzahnes hinaus. Oberkiefer: Querer Abstand der Spitzen der vorderen Ansatzstellen der Jochbögen 7 mm. Abstand der oberen Augenrandleisten 3 mm. Länge der Backzahnreihen längs der Kaufläche 7½ mm. Hiervon entfallen auf $m1$ 3, auf $m2$ 2 und auf $m3$ 2½ mm. Von dem innern Rande der Nagezahnalveole bis zur Alveole von $m1$ sind es 11 mm. Der Vergleich der Längen der Backzähne von No. 32 mit No. 31 ergibt die Variabilität dieser Werte. No. 33. Vollständiger Schädel eines Jungtieres. Abstand der Mitte des Unterrandes des Hinterhauptsloches von dem Innenrand der Nagezahnalveolen 23½ mm. Größter Abstand der beiden Jochbögen 17,5 mm. Oberkiefer: Länge der Backzahnreihen 6 mm. $m1 = 2$, $m2 = 2$, $m3 = 2$ *mm*. Vom Innenrande der Nagezahnalveole bis zur Alveole von $m1 = 8½$ *mm*. Unterkiefer: Länge der Backzahnreihe 6½ mm. Hiervon entfallen auf $m1$ 3,25, auf $m2$ 1,75 und auf $m3$ 1,5 mm. Abstand des Innenrandes der Nagezahnalveole von $m1 = 5,5$ *mm*. Abstand des Endes des Kiefers von dem Innenrande der Nagezahnalveole 17,5 mm. Länge der Nagezähne von der Alveole ab gemessen im Oberkiefer 5 m, am Ende etwa $1^1/_7$ mm breit. Im Unterkiefer 3,5 mm. Die erhöhten oberen Augenränder grenzen dicht an und lassen also noch keine mediane Längsfurche frei. Über die jetzige Verbreitung des Halsbandlemmings sagt Nehring nach Brauer: „Der Halsbandlemming lebt ausschließlich in felsigen und Tundrengebieten des nördlichen Polarkreises. Er fand sich noch unter 82½ Grad nördlich von Spitzbergen, ferner auf Nowaja-Semljia, auf Waigatsch-Insel, am Kap Tscheljuskin, an den nördlichen Küstenstrichen von Alaska, auf der Melville-Insel 77 Grad n., auf Grinnell und Grant Land, auf West-Grönland, nördlich vom Humboldtgletscher in Ost-Grönland bis nördlich von König Wilhelmsland. Südlich geht die Art nicht bis zur nördlichen Baumgrenze. In Europa bewohnt er nur den äußersten Nordosten Rußlands östlich vom weißen Meer nebst Nowaja-Semljia." Im Diluvium ist der Halsbandlemming an zahlreichen Orten aufgefunden worden, so in Höhlen Südfrankreichs, der Schweiz, Württembergs, Bayerns, in Böhmen, Mähren, ebenso in Mitteldeutschland und an anderen Orten. Am Schweizersbild fand ihn Nüesch nur in der untersten Schicht, die

dem Diluvium direkt aufgelagert war, in der sogenannten gelben Nagetierschicht. In der darauffolgenden gelben Kulturschicht dieser Magdaleniumhöhle fehlt er, dagegen tritt dort eine Zieselart *(Spermophilus)* auf. Woldrich fand *M. torquatus* in der berühmten Felsspalte von Zuslawitz bei Winterberg im Böhmerwald.

Schlußbetrachtung.

Der wissenschaftliche Hauptgewinn unseres Fundes beruht darauf, daß von den Tierarten unserer Schicht einwandfrei behauptet werden kann, daß sie zusammen gelebt haben, wahrscheinlich sogar eine engere Lebensgemeinschaft in biologischem Sinne bildeten, da es ausgeschlossen ist, daß so zarte Skelettreste im Wasser einen weiten Weg zurücklegen konnten, ohne schwer beschädigt zu werden. Ein zweiter, höchst wichtiger Punkt ist das Auffinden einer so großen Zahl von zusammengehörigen Zahnreihen des Ober- und Unterkiefers in verschiedenen Altersstadien.

Lassen wir unsern Blick zurückschweifen in jene ferne Zeit, in der die beschriebenen Tiere ihren Tod gefunden, so sehen wir das Renntier die baumlose arktische Tundra oder Moossteppe durchschreiten. Wo zur Sommerszeit das Schmelzwasser der höher gelegenen Schneefelder sich in Tümpeln sammelte, finden wir die Vertreterin der zierlichen nordischen Branta- oder Ringelgans auf der Nahrungssuche begriffen, während der kleine Eisfuchs oder Blaufuchs versucht, eines der Jungen zu erhaschen. Im niederen Gestrüpp der nordischen Weiden und Birken, der Heidelbeeren, Preiselbeeren, Moosbeeren und Rauschbeeren lagert der Schneehase oder ein östlicher Vetter desselben, an höher gelegenen trockenen Plätzen der Steppe aber finden wir die Scharen der Steppennager, die Microtusarten und den Halsbandlemming nebst ihrem Feinde, dem kleinen Wiesel. In größeren Trockentälern haben 2 Arten der kleinen Erdmurmeltierchen oder Ziesel ihre Wohnungen errichtet. Aber auch unter der Erde regt sich das Leben, Würmer und Larven beweiden unablässig das Wurzelwerk der subarktischen Kräuter und Gräser, schon dort verfolgt von ihrem gefräßigen Feinde, dem Maulwurf. Auch kleinere Vögel beleben die Einsamkeit der Landschaft.

Wie das Vorkommen unseres Maulwurfes und das Zusammenleben des Lemmings mit den Zieseln beweist, dürfte das Klima

trockener und auch wärmer gewesen sein, als in der heutigen arktischen Tundra, es dürfte ein subarktisches und mehr kontinentales Klima gewesen sein und daher die Tierwelt auch eine mannigfaltigere, als wir sie an den heutigen Wohnplätzen des hochnordischen Halsbandlemmings antreffen.

Zum Schlusse sei erwähnt, daß hier der erste geschlossene Fund einer subarktischen Tierwelt in unserm engeren Heimatlande Baden zur Entdeckung gelangte.

Erklärung der Abbildungen.

(Wo nicht anders bemerkt, sind diese in 8facher Vergrößerung gezeichnet, wobei Fehler von Millimeterbruchteilen, kleiner als 0,3 möglich sind. Bei den Backzahnreihen ist meist nur die Gesamtlänge genau proportional, die Bilder der einzelnen Zähne sind meist ganz aus freier Hand gezeichnet, da es sich im wesentlichen nur darum handelte, den Gesamtcharakter wiederzugeben. a und b mit gleicher Nummer bezeichnet zusammengehörige Ober- und Unterkiefer, bezw. die entsprechenden Molaren.)

Microtus (Arvicola) terrestris ingens: Fig. 1a *m1* r. Unterkiefer. Fig. 1b *m3* r. Oberkiefer eines Jungtieres, Schädel No. 24.

Fig. 2a *m1* l. Unterkiefer eines erwachsenen Stückes, Schädel No. 23.

Fig. 3a *m1* r. Unterkiefer, Fig. 3b *m3* r. Oberkiefer eines erwachsenen Stückes, Schädel No. 22.

Microtus terrestris aus der Sarpasteppe: Rezent, erwachsen. Fig. 4a *m1* r. Unterkiefer, Fig. 4b *m3* r. Oberkiefer.

Microtus amphibius: Rezent, nach Blasius, Fig. 5a *m1*, r. Unterkiefer. Fig. 5b *m3* r. Oberkiefer eines erwachsenen Stückes.

Microtus gregalis von Mauer: Fig. 6a Backzahnreihe des r. Unterkiefers, Fig. 6b des r. Oberkiefers eines erwachsenen Stückes. Fig. 7a r. Unterkiefer, Fig. 7b r. Oberkiefer eines jungen Exemplares.

Microtus Eversmanni von Mauer: Fig. 8a Backzahnreihe des r. Unterkiefers. Fig. 8b des l. Oberkiefers, Schädel No. 3. Fig. 9a r. Unterkiefer, Fig. 9b r. Oberkiefer, Schädel No. 7.

Microtus sp. (Eversmanni juv.?): Fig. 10a l. Unterkiefer, Fig. 10b l. Oberkiefer, Schädel No. 2.

Myodes torquatus mauerensis von Mauer: Fig. 11a. R. Unterkiefer eines alten Stückes (No. 30).

Fig. 12b. R. Oberkiefer eines alten Stückes, Schädel No. 31.



Fig. 14.

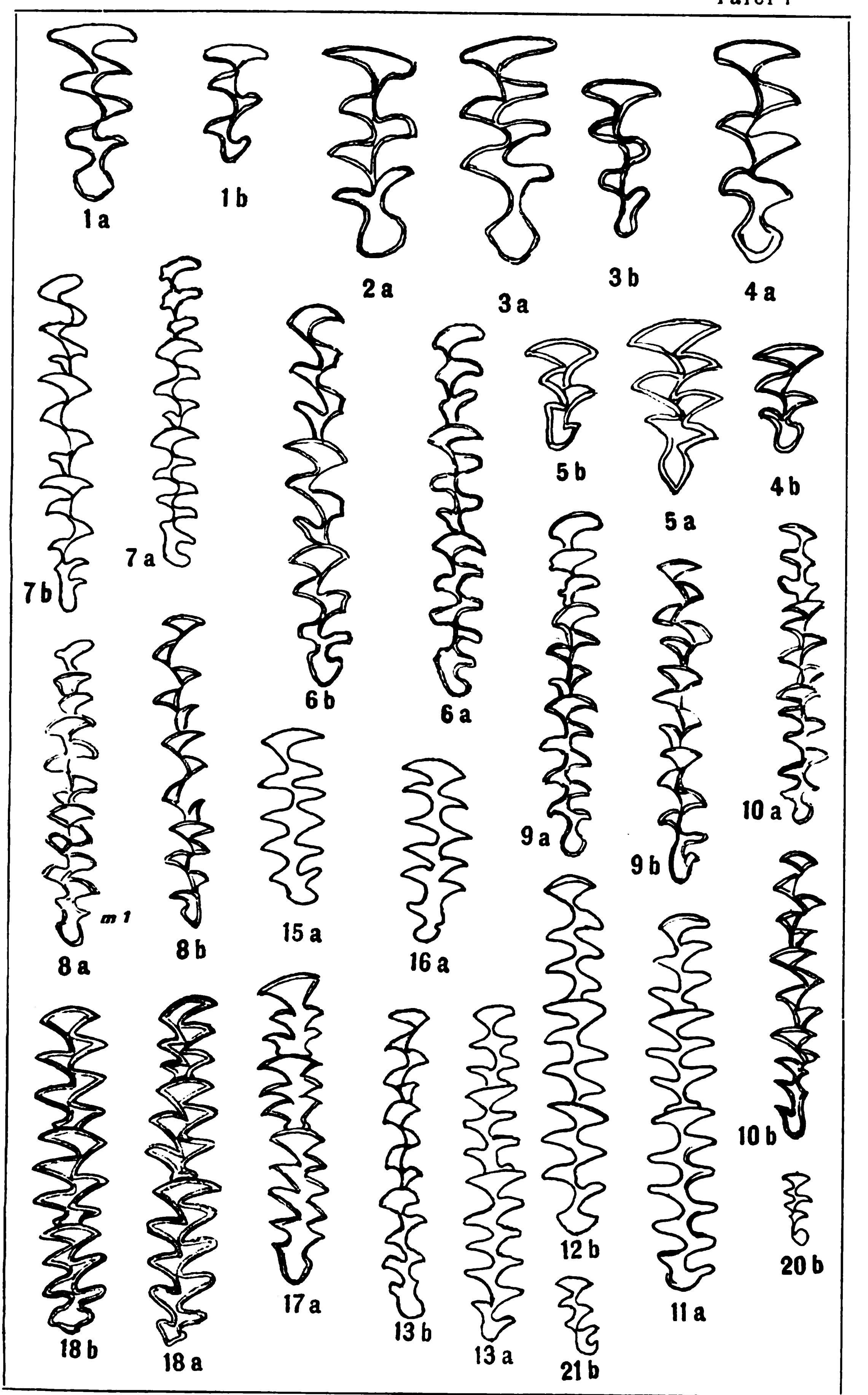
Fig. 13a. R. Unterkiefer eines Jungtieres, Fig. 13b die zugehörige Backzahnreihe des l. Oberkiefers, Schädel No. 33.

Myodes torquatus: Fig. 15a *m1* r. Unterkiefer von Zuslawitz. Fig. 16a *m1* des l. Unterkiefers von ebenda, beide nach Woldrich.

Fig. 17a. L. Unterkiefer des Torquatus vom Schweizersbild, nach Nehring.

Fig. 18a und 18b Unterkiefer bezw. Oberkiefer des Torquatus nach Nehring (Fossile Lemminge von Thiede).

Fig. 20b und 21b *m3* des r. Oberkiefers von 2 ***Microtus** arvalis* aus der Gegend von Bretten, rezent, Altersvariationen darstellend.



F. Förster del.

Beiträge zur Stratigraphie und Palaeontologie der diluvialen Neckarsande.

Mauer.

A. Rutot [1] hat die Sande von Mauer mit den belgischen quarternären Schichten verglichen. Er hält den obern Sand von Mauer für analog mit dem Campinien, der Lettenbank stellt er die *„glaise moséenne"* gegenüber, dem untern Sand von Mauer den *„sable moséen"*. Ablagerungen verschiedener Flüsse lassen sich aber schwer miteinander vergleichen, denn sie sind meist lokal variabel. Nicht einmal die diluvialen Neckarsande mit gleicher Fauna stimmen unter sich überein. So besitzt Mauer seine obere Lettenbank, aber diese enthält die gleiche Fauna wie die einschließenden Sandschichten. Einzig und allein zeichnet sie sich durch ihre Fähigkeit aus, die Schalen der *Anadonta cygnea* besser zu konservieren, so daß diese Najade in der Lettenbank häufiger angetroffen wird als im Sande selbst, wahrscheinlich auch häufiger war, als limnophile Form. Nach Herrn Privatier J. Rösch findet sich aber unter dem Niveau des menschlichen Unterkiefers von Mauer noch eine 1,5 m dicke gegen das Gebirge zu abnehmende Sandbank, unter dieser eine innen 4 m dicke, gegen das Tal der Elsenz abnehmende Lettenbank, dann 1—2 m weißer Sand, dann 0,30 m schwarzer Sand, hierauf 0,30 m grobes Geröll. Hierauf folgt sogar noch eine 4 m dicke dritte Lettenbank, deren Letten mit Säure nicht aufbraust, dann Flußgeröll bis zum Grundwasser, von wo ab Untersuchungen fehlen. Obgleich die Fauna der obersten Schichten von Mauer noch nicht so klar ist, wie man meint, dürfte doch das folgende Profil Herrn Rutot dienlicher sein für seine Vergleiche.

[1] Bulletin de la Société Belge de Géologie etc. 1908. Memoires.

Der Sand von Bammental.

Etwa 4 km unterhalb Mauer mündet ein kleiner Bach, der Wiesenbach, in die Elsenz, auf dem rechten Ufer des letzteren Flüßchens. Kurz vorher durchfließt der Wiesenbach das Trockental Wiesenbach-Bammental. In der unteren Ecke, die Elsenz und Wiesenbach miteinander bilden, befindet sich etwas hinter dem Bergvorsprung, der Elsenz zugekehrt, ein weiteres Vorkommen diluvialer Neckarsande, der Sand von Bammental. Herr Martin Haaf in Mauer betreibt dort seit langen Jahren eine Sandgrube und das aufgeschlossene Profil gibt an Höhe dem von Mauer wenig nach. Die Sohle der Grube liegt etwa 2—4 mm über dem Spiegel der Elsenz. Der höchste Punkt eines Profils, das ich am 21. August 1908 von dem Mitteltrakt der Grube aufgenommen und das jetzt verschüttet ist, liegt 24 m über der Sohle. Es wurden damals gemessen:

1.	Humus	0,40 m
2.	Roter Sand aus rotem Sandstein, aber auch bis faustgroßes eirundes Granitgeröll enthaltend, nach unten in ganz feinen weißen oder gelben Sand übergehend	3,25 „
3.	Oberste Lettenbank, 2 Adern	0,95 „
4.	Sand mit dünnen Lettenschichten, meist Letten	0,72 „
5.	Obere Konglomeratbank aus Flußkies, meist schwarz gefärbt	2,00 „
6.	Sand, kleine Letten- und Kiesbänke	5,88 „
7.	Untere schwarze Konglomeratbank	0,90 „
8.	Sehr feiner Sand, weiß oder rostgelb	3,20 „
9.	Zwei Adern von blauem Letten	0,30 „
10.	Kies und Sand rostgelb in der Mitte der Höhe mit Lettenband	6,45 „
	Niveau des Weges und der Sohle	24,05 m

So wie die große Lettenbank im Maurer Profil, bietet die große Konglomeratbank im Bammentaler Profil eine bequeme Teilung des Profils für praktische Zwecke. Eine derartige nagelfluhartig verkittete Geröllbank fehlt in Mauer. Sie findet sich aber wieder auf beiden Seiten des Neckars bei Obrigheim. Es soll jedoch damit nicht gesagt werden, daß analoge Bildungen vorliegen, denn während unter der Konglomeratbank des rechten Neckarufers bei Obrigheim

Elephas primigenius gefunden wird, wie in Bammental, hat man auf dem linken Neckarufer bei Obrigheim *Elephas antiquus* entdeckt, wovon die Nachweise in meiner Sammlung liegen.

Es ist nun klar, daß der Bammentaler Sand, soweit angeschnitten, jünger sein muß als der Maurer Sand. Eine Lösdecke fehlt, der Löß steigt vom Tale aus nur bis etwa zur halben Höhe des Profils an.

Die Sande selber enthalten oft in wildem Chaos durcheinander geworfen, zentnerschwere Blöcke von rotem Sandstein, der nicht nur ober der Grube im Walde ansteht, sondern auch dicht daneben abgebaut wird.

Sonst finden wir so ziemlich alle Mineralien des Maurer Sandes unter dem Bammentaler Geröll wieder. Tierreste sind in den Bammentaler Sanden sehr selten. Sie sind aber von ganz anderer Beschaffenheit, sehr schwer und auch sonst besser erhalten als die Maurer Tierreste. — Schon bei oberflächlicher Untersuchung der Bammentaler Sande fällt uns das gänzliche Fehlen der in Mauer so zahlreichen Najadeen-Schalen (von *Unio pictorum, Unio batavorum* und *Anadonta)* auf. Es ist vielleicht die Eiszeit, die die Najadeen zum Aussterben gebracht hat. Ebenso fehlen alle Arten von Konchylien.

Interessant ist nun die Tierwelt von Bammental.

Das Wildpferd findet sich am häufigsten, dann der Edelhirsch, das Mammut, der Bison, der Riesenhirsch und der Bär, selten das Nashorn. Ich habe mir Mühe gegeben, die Tiere nach ihrer Herkunft aus den Schichten festzustellen, aber leider war dies nicht immer möglich, denn manches wurde in den abgerutschten Massen auf der Sohle der Grube gefunden, vor allem ein der Spezies nach noch nicht festgestellter Unterkiefer von Rhinoceros (im Besitze des Herrn Reallehrer Wagner in Heidelberg). Der ganz feine Sand von Schicht No. 2 hat nun Bison geliefert, den ich wenig verschieden von *B. europaeus* finde, während der Maurer Wiesent eine Rasse des *B. priscus* zu sein scheint.

Elephas primigenius fand sich besonders zahlreich in dem weißen Sande No. 8, darunter ein sogenannter Rekord-Molar im Gewichte von 18 Pfund. Die große Konglomeratbank enthält ebenfalls Bison, dann den Hirsch, das Wildpferd. In No. 10 wurde bei einem gerollten roten Sandsteinblock von 3—4 Zentner Gewicht in feinem weißen Sande ein Unterkiefer von *Ursus Deningeri* v. Kinkelin

gefunden. So hätten wir die Verbindung mit der Tierwelt von Mauer in diesem wichtigen Funde, dessen Schichtlage ich genau bestimmen konnte.

Der Riesenhirsch findet sich teils in, teils unter der Geröllbank. Ob es *Cervus germaniae Pohlig* oder *C. belgrandi* ist, muß noch festgestellt werden. Der Edelhirsch ist eine neue Form [1], die sich von allen rezenten Hirschen und Pohligs *C. antiquitatis* durch die völlig gerade, nicht nach unten (außen) konvexe Augensprosse unterscheidet. An Größe des Skelettes übertrifft er den *Cervus antiquitatis Pohlig* von Mauer, welch letzterer mit dem Isubrahirsch aus der Mongolei gar nichts zu tun hat (vide O. Schöttensack, „*Homo heidelbergensis*“). Das Wildpferd von Bammental ist von reinem Caballus-Typus, es ist eine andere, massigere Art als das Wildpferd der Maurer Sande.

Wir bezeichnen nun den Maurer Hirsch als *C. antiquitatis Pohlig*. (Das Material Pohligs enthält noch andere Formen als den Maurer Hirsch.)

Es ergibt sich dann folgender Vergleich:

Mauer.	**Bammental.**
Elephas antiquus	*Elephas primigenius*
Rhinoceros etruscus	*Rhinoceros sp.*
Equus caballus fossilis (*f. robustior*)	*Equus mauerensis* (*f. levior*)
Ursus etruscus und *Deningeri*	*U. Deningeri*
Alces latifrons [2]	*Cervus euryceros germaniae* oder *belgrandi*
Cervus antiquitatis	*Cervus Pohligi*
Bison priscus	*Bison europaeus.*

Wir sehen also, daß Bammental eine Art Fortsetzung der Maurer Sande in eine jüngere Zeit bildet. Nach Sauer hatte der Neckar schon das Trockental Wiesenbach-Bammental verlassen, als die Lößzeit hereinbrach. Damit wäre der Sand von Bammental vor der Lößzeit angeschwemmt, also vorlößzeitlich, wodurch wir einen

[1] Ich benenne diese Form dem ersten deutschen Kenner diluvialer Cerviden, Herrn Prof. H. Pohlig in Bonn zu Ehren als *Cervus Pohligi*.

[2] Geweihreste des Riesenhirsches, in Mauer gefunden, konnte ich nicht untersuchen.

wichtigen Anhaltspunkt für die Zeit hätten, in der die Bammentaler Tierwelt gelebt hat. Es werden somit diese beiden klassischen Fundstätten von Mauer und Bammental noch viel zur Chronologie des Diluviums beitragen können.

Haben wir hier zwei zeitlich aufeinanderfolgende Fundstätten, so bietet uns Obrigheim die beiden Faunen in unmittelbarer Angrenzung. So findet sich im Obrigheimer Sand in der Grube von Ludwig Ernst *Elephas antiquus* und der Wisent von Mauer, in der mehr nach außen gelegenen Grube von W. Göhrig *Elephas primigenius*.[1]

Equus caballus mauerensis.

Unter diesem Namen begreife ich das Wildpferd, dessen Reste unter der Lettenbank, also etwa im Niveau des menschlichen Unterkiefers von Mauer und tiefer bis aufwärts zur Lettenbank gefunden sind. Ich gebe hier den Umriß des Fesselknochens mit seinen charakteristischen weit ausbiegenden Ecken des proximalen Endstückes (Fig. 22a). Fig. 22b stellt den Fesselknochen des Wildpferdes von Mauer dar, mit mehr gerundeten Ecken des oberen Teiles. Dieser Charakter zeigt sich auch an einem kleineren Stück.

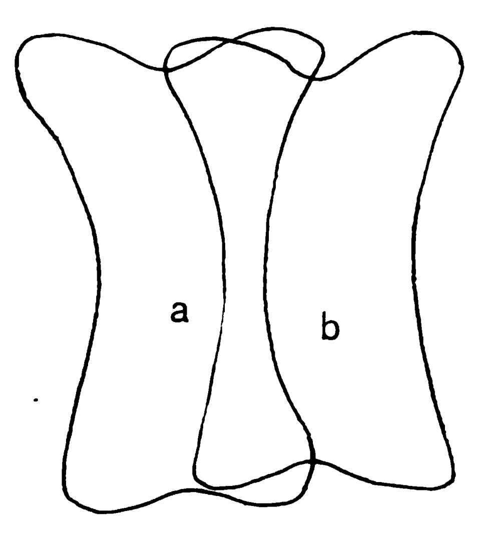


Fig. 22.

a. Das Fesselbein *(Phalanx prima)* von *Equus mauerensis*,
b. von *Equus caballus fossilis* von Bammental (Umriß).

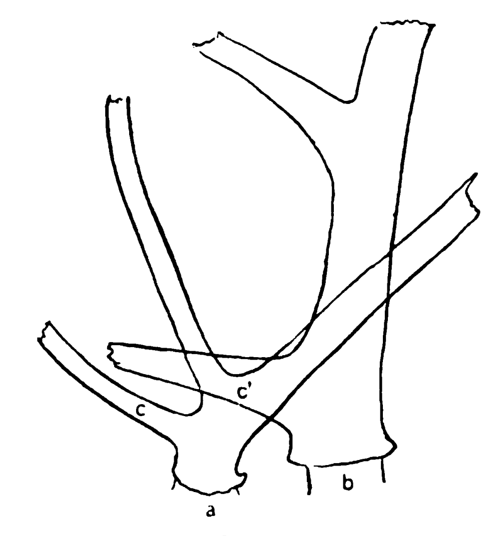


Fig. 23.

Basalteile einer Geweihstange
a. Von dem Edelhirsch von Mauer *(Cervus antiquitatis Pohlig)*.
b. Vom Bammentaler Edelhirsch *(Cervus Pohligi Förster)*.

[1] In der Grube des Herrn Ernst fand ich, etwa 1 m unter der Konglomeratbank, ganz wie in Mauer, *Unio batavorum*.

Cervus antiquitatis Pohlig.

Das Material Pohligs ist offenbar nicht homogen. Wir nehmen die Form als typisch an, bei der die Augensprosse sehr tief sitzt, die Eissprosse dicht daneben. Diese Form findet sich rein in den Maurer Sanden noch 1 m unter dem Niveau des menschlichen Unterkiefers bis dicht ober der Lettenbank (Fig. 23a). Eine herrliche Abwurfstange eines Zehnenders zeigt, daß der obere Geweihteil von dem des ostchinesischen *C. xanthopygus M. E., (C. Lühdorfi B.)*, Isubra, ganz verschieden ist und dem jetzigen Edelhirsch entspricht. Die tiefe Stellung der Eissprosse habe ich auch beim rezenten Edelhirsch beobachten können, aber nur selten. Bei *C. antiquitatis* von Mauer ist sie Regel. Dazu kommen noch andere Charaktere.

Cervus Pohligi m.

Pohligs Edelhirsch ist der Begleiter des *Ursus Deningeri* in den Bammentaler Sanden. Er gehörte einem kälteren Klima an als *C. antiquitatis*. In der hohen Stellung der Eissprosse übertrifft er den rezenten Edelhirsch oder gleicht ihm. Er unterscheidet sich aber von ihm durch die vollkommen gerade und starr abstehende Augensprosse charakteristisch (Fig. 23b, c1). Unter zahlreichen Geweihen deutscher, auch ungarischer und bosnischer Hirsche habe ich nichts ähnliches gefunden.

Unterkiefer von *C. Pohligi:* Länge vom Vorderende der Symphyse bis zum Hinterrande des Kiefers: 32 cm. Länge der Backzahnreihe von $P2 - m3 = 13$ cm. Höhe des Kiefers bei $P3$ gemessen $3\frac{1}{2}$ cm, am Hinterende von $m3$ gemessen $4\frac{1}{2}$. Abstand der Alveolen von $P2$ und der äußersten Incisorenalveole = 9 cm. *Processus coronoideus* und *Condyloideus fehlen leider*. Entfernung der Foveamentalis von der Alveola des äußersten Incisoren = 14 mm.

Da die Spitze von $P3$ noch nicht abgekaut ist, und $M3$ noch sehr hoch, so handelt es sich um ein jüngeres Stück, bei dem aber schon alle 3 ächten Molaren vorhanden sind. Vergleichen wir hierzu den Unterkiefer eines *C. antiquitatis,* der noch 1 m unter dem Niveau des menschlichen Unterkiefers zu Mauer gefunden worden ist. (Es handelt sich um ein altes Stück mit schon ganz abgekauten Praemolaren.)

Symphysenteil. Hinterrand mit den beiden Fortsätzen fehlen. Länge der Backzahnreihe längs den Alveolen von $P2 - m3 =$

12,5 cm. Höhe des Kiefers, bei *P3* gemessen, 3½ cm, am Hinterrande von *P4* gemessen 4,25 cm. Bei einem Kiefer aus der Lettenbank von Mauer beträgt die Länge der Backzahnreihe nur 11,5. Selbst dieser Kiefer ist aber etwas älter noch als der des *Cervus Pohligi,* m. a. W. der *Cerv. antiquitatis Pohl.* bleibt in allen angeführten Maßen des Kopfskelettes hinter dem *C. Pohligi* von Bammental zurück.

Die noch nicht ausführlich beschriebenen Tierformen sollen Gegenstand späterer monographischer Bearbeitung sein.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Herrn Prof. Dr. E. Fraas an der Königlichen Naturaliensammlung in Stuttgart, Herrn Professor Dr. M. Schwarzmann an der Großherzoglichen Landessammlung in Karlsruhe, Herrn Privatier J. Rösch und Herrn Martin Haaf, beide in Mauer, für ihre freundliche Unterstützung bei meinen Arbeiten herzlichen Dank auszusprechen.

Flüssige Kristalle, Molekularstruktur und Molekularkräfte.

Von **O. Lehmann.**

Die Grundlagen der Lehre von den flüssigen Kristallen, welche das Ziel verfolgt, über die molekulare Struktur der Materie und die molekularen Kräfte Auskunft zu geben[1], finden sich in ihren Anfängen bereits in meinem Buche »Molekularphysik«[2], seit dessen Erscheinen nunmehr ein Vierteljahrhundert verflossen ist.

Dieses Buch ist keineswegs einfach eine Zusammenstellung der damals von Andern erforschten Tatsachen auf diesem Gebiete, sondern enthält als Gerippe der Darstellung die im Laufe von 16 Jahren (mit Hilfe des von mir konstruierten »Kristallisationsmikroskops«[3]) zutage geförderten eigenen Ergebnisse, allerdings mit sorgfältiger Berücksichtigung der mir erreichbaren Literatur, wobei ich, wie sich ziemt, auch selbständig Gefundenes ohne weiteres als geistiges Eigentum dessen behandelte, der, ohne daß ich früher davon wußte[4], zuerst etwas darüber publiziert hatte.

---

[1] Siehe meinen Vortrag vom 8. XI. 12 in diesem Bande S. 98. Ich benütze die Gelegenheit, nachzutragen, daß dort auf S. 67 § 11 übersehen wurde, die Bestimmung der Zahl von Molekülen in 1 kg aus der Piëzoelektrizität nach E. Riecke, Phys. Zeitschr. 13, 415, 1912 einzufügen.

[2] O. Lehmann, Molekularphysik, Leipzig, W. Engelmann, 1888/89, 2 Bde.

[3] O. Lehmann, Das Kristallisationsmikroskop, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1910.

[4] Ich war von 1876—83 an einem Orte tätig, wo mir keine Hochschulbibliothek zur Verfügung stand und meine Zeit durch Schulunterricht (auch auf naturgeschichtlichem und geographischem Gebiete), Abhaltung von Extrakursen, Leitung einer Schulwerkstätte und praktische Betätigung auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie und Elektrotechnik aufs äußerste in Anspruch genommen war. Erst 1883—88, als ich Assistent und Dozent für Thermodynamik und physikalische Chemie in Aachen wurde, sodann als Leiter des elektrotechnischen Instituts an der techn. Hochschule in Dresden, welche Stellung ich bald wieder aufgab, um Physik und (6 Jahre lang) Elektrotechnik in Karlsruhe zu übernehmen, war mir sorgfältigeres Studium der Literatur möglich. Diese äußeren Verhältnisse mögen erklären, daß mir anfänglich manches entgangen ist.

Das Kristallisationsmikroskop ermöglichte einen rascheren und besseren Einblick in die tatsächlichen Verhältnisse zu erhalten als die üblichen makroskopischen Methoden, was bald dahin führte, daß ich von den verschiedensten chemischen Laboratorien um Gutachten in verwickelten Fällen ersucht wurde[1]. Umgekehrt hatte dies eine wesentliche Förderung meiner Arbeiten zur Folge, insofern ich auf solchem Wege manche interessanten Stoffe in die Hand bekam, die mir sonst nicht bekannt geworden wären, z. B. die trüb schmelzenden Stoffe der Herren Fr. Reinitzer[2] und L. Gattermann[3], deren trübe Schmelzen erst als breiartige Mischungen oder Emulsionen chemisch oder physikalisch isomerer Modifikationen aufgefaßt, nach längerem Studium mittelst meines Kristallisationsmikroskops aber als kristallinische Flüssigkeiten, d. h. Aggregate flüssiger Kristalle erkannt wurden[4], zu welchem Begriff einige Jahre zuvor das Studium der Plastizität fester Kristalle und namentlich der regulären Modifikation des Jodsilbers geführt hatte[5]. Wie wenig die gewöhnlichen makroskopischen Methoden imstande waren zu solcher Erkenntnis zu führen, geht daraus hervor, daß noch lange nachher von hervorragenden Forschern die Emulsionstheorie in heftiger Weise gegen meine Theorie der flüssigen Kristalle verteidigt wurde[6]. Daß sogar mikroskopische

Immerhin war meine Molekularphysik das erste Werk über Molekularphysik, in welchem die einschlägige Literatur zusammengetragen war — die Zitate nehmen 47 Seiten von Bd. 2 in Anspruch — und zwar so vollkommen, daß es selbst heute noch öfters als Nachschlagebuch für die damalige Literatur zitiert wird und z. B. J. H. van t'Hoff, wie er mir brieflich mitteilte, manches darin fand, was für ihn von ganz besonderem Werte war. Ich sehe mich genötigt, dies hervorzuheben mit Rücksicht auf die weiter unten erwähnte Kritik von W. Nernst.

[1] Siehe O. Lehmann, Kristallanalyse, Leipzig, W. Engelmann, 1891, Anhang.

[2] Fr. Reinitzer, Wien. Sitzb. **94** (2) 719, **97** (1), 167, 1888.

[3] L. Gattermann, Ber. d. D. chem. Ges. **23**, 1738, 1890.

[4] O. Lehmann, Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 462, 1889; Wied. Ann. **40**, 401, 1890; **41**, 325, 1890; Zeitschr. f. phys. Chem. **5**, 427, 1890.

[5] O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 120, 492 Anm. 1877; Wied. Ann. **24**, 23, 26, 1885; Molekularphysik **1**, 826, 1888. Die neue Welt der flüssigen Kristalle, Leipzig, Akad. Verlagsges. 1911, S. 154 u. ff.

[6] G. Quincke, Wied. Ann. **53**, 632, 1894 (vgl. **56**, 771); G. Tammann, Ann. d. Phys. **4**, 524, 1901 (vgl. **5**, 236) und **8**, 106, 1902 (vgl. **8**, 908); ferner Zeitschr. f. Elektrochemie 1905, Nr. 50, S. 955; W. Nernst, Diskussion, Zeitschr. f. Elektrochemie **12**, 431, 1906 (vgl. Physik. Zeitschr. **8**, 45, 1906); Theoret. Chem. 5. Aufl. 1907, S. 633 u. 6. Aufl. 1909 S. 637 (vgl. Vierteljahrsber. d. Wien. Ver. z. F. d. phys. u. chem. Unterr. **12**, 250, 1907); E. Bose, Physik. Zeitschr. **8**, 347, 1907 u.

Untersuchung nach gewöhnlicher Manier nicht dazu ausreichte kann man daraus ersehen, daß der als Botaniker in solchen Untersuchungen geübte Entdecker der trüben Schmelzen Fr. Reinitzer (in Verbindung mit dem speziell in Anwendung des polarisierten Lichtes wohl erfahrenen Kristallographen v. Zepharovich) nicht zur Erkenntnis der Existenz der flüssigen Kristalle gelangte — er hat nie über solche etwas publiziert — und daß auch der in schwierigen Arbeiten wohl erfahrene Chemiker L. Gattermann, der zuerst leichtflüssige kristallinische Flüssigkeiten darstellte, sich keine andere eigene Ansicht in der Sache zu bilden vermochte, als die, es handle sich um dieselben Erscheinungen wie bei den Reinitzerschen Stoffen. Etwa um dieselbe Zeit, als ich meine Molekularphysik bearbeitete (1885/87), erschien W. Ostwalds Allgemeine Chemie, in welcher teilweise meine Ergebnisse berücksichtigt wurden, doch nur nebenbei; denn Ostwalds Standpunkt war ein durchaus anderer. Während ich auf Grund meiner experimentellen Studien die althergebrachte Hypothese der Identität der Moleküle in den sogenannten polymorphen Modifikationen und Aggregatzuständen eines Stoffs als falsch erkannt und deshalb, da das Ziel der Wissenschaft die Erforschung der Wahrheit ist, Zuziehung dieser Hypothese, sowie von Molekularhypothesen überhaupt, in meinem Buch vermieden hatte [1], machte sie Ostwald in Übereinstimmung mit den allgemein üblichen Vorstellungen, insbesondere der kurz vor Publikation meiner ersten Arbeiten veröffentlichten Theorie von van der Waals [2], geradezu zum Fundament seiner Behandlung des Stoffs, ohne die Gründe, aus welchen meine Arbeiten zu anderem Ergebnis geführt hatten, die ihm augenscheinlich gar nicht bekannt waren, auch nur flüchtig zu erwähnen [3].

9, 169, 1908; G. Wulff, Zeitschr. f. Kristallogr. 45, 209, 1908; Wo. Ostwald, Grundriß d. Kolloidchemie, 1909, 93, 123; H. Deischa, Zeitschr. f. Kristallogr. 50, 32, 1911 u. a.

[1] Nur am Schlusse des II. Bandes wird kurz auf die Molekularhypothesen hingewiesen, sonst ist überall das Wort Molekül, Molekularstruktur usw. vermieden.

[2] J. D. van der Waals, Dissert. Leiden 1873, deutsch v. F. Roth 1881.

[3] W. Ostwald, Stöchiometrie, Leipzig, W. Engelmann 1885, 2. Aufl. 1891. Nur unter Polymorphie S. 695 bezw. 948 wird kurz gesagt, von mir werde Polymorphie auf Bildung von Molekülkomplexen zurückgeführt; mit der Bemerkung, man könne diese Vorstellung gelten lassen, obschon ihr zur Zeit eben nicht viel Bedeutung zugeschrieben werden könne, da es an Experimenten zu ihrer Erhärtung mangle.

W. Nernst, der 10 Jahre nach Publikation meiner ersten Arbeiten noch Student und dann Assistent von Ostwald war, schöpfte, wie auch in dem Vorwort zur 1. Auflage seiner »Theoretischen Chemie« 1893 angegeben ist, im wesentlichen aus Ostwalds Handbuch und erwähnt schon aus diesem Grunde wenig von meinen Arbeiten[1]. Während aber Ostwald die Identitätstheorie der Aggregatzustände wenigstens noch als etwas hypothetisches hinstellte, ja sogar (S. 605, 1. Aufl.) die Formen der Moleküle im flüssigen und festen Zustand als verschieden betrachtete, ging Nernst, unbekümmert um die vorhandene Literatur, einen Schritt weiter, indem er die Aggregatzustände nicht mehr nach ihren Eigenschaften definierte[2], sondern unter Beiziehung der Identitätshypothese. Er sagt[3]: »Es vermag nun je nach der Natur des Gases bei obiger Versuchsanordnung (Erhöhung des Drucks bei genügend tiefer Temperatur) die Materie in zweifacher, wesentlich voneinander verschiedener Form sich zu kondensieren; sie erscheint entweder, dem Einfluß äußerer Kräfte, speziell der Schwere entzogen, in Kugelgestalt oder in von Ebenen begrenzten Formen als Kristall. Im ersten Fall nennen wir die Substanz flüssig, im zweiten fest.« In unmerklicher Weise wird hier dem Leser suggeriert, die Materie sei im kondensierten Zustand dieselbe wie im Gaszustand (d. h. die Moleküle seien dieselben, denn verschiedenartige Moleküle bilden eben verschiedenartige Materien), also gerade das, was ich (ebenfalls ohne Beiziehung des Molekülbegriffs) in meiner Molekularphysik bestritten hatte[4].

[1] Seine Zeit war nicht wie die meinige durch fremdartige Berufsarbeiten in Anspruch genommen, auch standen ihm die Hilfsmittel eines großen Universitätsinstituts für physikalische Chemie zur Verfügung. Dennoch habe ich lange Zeit keine Veranlassung genommen, die Außerachtlassung meiner Publikationen in seinem Lehrbuch zu beanstanden, obschon ich dadurch bei dessen Lesern — da viele Zitate gegeben werden, also der Schein gleichmäßiger Berücksichtigung der Literatur erweckt wird — in den Verdacht kam, teils längst bekanntes, teils unbrauchbares publiziert zu haben.

[2] Ostwalds Definitionen waren umständlich. In meiner Molekularphysik hatte ich flüssige und feste Körper als solche definiert, welche Kohäsion besitzen, d. h. einen negativen allseitigen Druck aushalten können, und zwar als feste Körper solche, welchen vollkommene Verschiebungselastizität, d. h. eine Elastizitätsgrenze zukommt. (Vgl. Flüssige Kristalle 1904, S. 86 u. ff.)

[3] W. Nernst, Theoretische Chemie, 1893 S. 47; 7. Aufl. 1913 S. 57.

[4] Daß letztere gar nicht erwähnt wird, ist vielleicht nicht bloß auf Unkenntnis zurückzuführen, denn im Vorwort wird gesagt, es seien nur solche Hypothesen be-

Meines Erachtens widerstreitet es dem Wesen der Wissenschaft, welche doch die Wahrheit sucht, wiederholt vorgebrachte und eingehend begründete Widerlegungen von Theorien außer acht zu lassen, auch wenn einige elegante Formeln dadurch in Wegfall kommen sollten.

Flüssige Kristalle kann es nach der erwähnten Definition von »flüssig« und »fest« nach Nernst nicht geben. Ich sollte meinen, bei der Menge Literatur, die heute bereits über flüssige Kristalle vorliegt, wäre es Pflicht des Autors gewesen, mindestens an das zu erinnern, was er selbst auf S. 98 der 4. Auflage (1903) gesagt hatte: »Zur Erklärung der Kristallstruktur müssen wir offenbar annehmen, daß zwischen den Molekülen Kräfte wirken, die ihre gesetzmäßige Anordnung bedingen. Je größer diese Kräfte sind, um so fester wird das Gefüge der Moleküle, um so schwerer deformierbar der Kristall sein. Werden umgekehrt diese Kräfte sehr schwach, so ist es denkbar, daß bereits unter dem Einflusse der Erdschwere wie auch der Kapillarspannung des Kristalls eine Deformation stattfindet, während eine Orientierung der Moleküle bestehen bleibt, d. h. wir erhalten einen flüssigen Kristall.«

Nernst stellt also hier die Existenz der flüssigen Kristalle als eine Konsequenz der bisherigen physikalisch-chemischen Anschauungen dar, und da kein Autor genannt wird, der diese Konsequenz gezogen hat, so vermutet der Leser naturgemäß, daß etwa der Verfasser oder ein anderer Vertreter der physikalischen

---

rücksichtigt worden, die sich bereits als nützlich erwiesen haben. Dies läßt die Deutung zu, die Identitätshypothese sei Hrn. Nernst zum Verständnis der Aggregatzustandsänderungen usw. nützlicher erschienen als meine, vielfach durch Versuche begründete Ansicht. Richtig ist, daß man mit einer möglichst einfachen, die Tatsachen rücksichtslos ignorierenden Hypothese leichter rechnen kann als mit einer komplizierteren. Wie wenig indes die Identitätshypothese schon bei Kondensation der Dämpfe zu Flüssigkeiten genügt, geht daraus hervor, daß sich van der Waals genötigt sieht »Scheinassoziation« anzunehmen (Nobelvortrag vom 12. Dez. 1910), was sich von meiner Annahme nur dadurch unterscheidet, daß ich die gebildeten Molekülkomplexe als Flüssigkeitsmoleküle auffasse. Daß die van der Waalssche Theorie bei Flüssigkeiten überhaupt nicht zutrifft, hat neuerdings G. Tammann, Ann. d. Phys. **37** 975. 1912, genau nachgewiesen. Aber nicht nur bezüglich der Hypothesen, sondern auch bezüglich der mitgeteilten Tatsachen ist eine solche Auswahl getroffen, daß diejenigen, die nicht zur Identitätshypothese passen wollen, also namentlich die von mir festgestellten, stillschweigend übergangen werden, wie man leicht aus dem Inhaltsverzeichnis und aus einer Bemerkung auf S. 666 ersehen kann.

Chemie[1] von selbst auf diese Idee gekommen sei[2], um so mehr als er fortfährt:

»In der Tat beobachtete Reinitzer vor einigen Jahren beim Cholesterylbenzoat eine eigentümliche flüssige, aber trübe Modifikation, die bei gekreuzten Nikols hell erscheint, also doppelbrechend ist. Das optische Verhalten dieses Körpers, wie auch das einiger von Gattermann aufgefundener Substanzen, bei denen ganz ähnliche Erscheinungen auftraten, wurde dann in eingehender Weise von O. Lehmann untersucht. Dabei zeigte es sich nun, daß in der Tat die fraglichen Modifikationen tropfbar flüssig sind, und daß freie Tröpfchen die Struktur von Sphärokristallen besitzen und wie Sphärokristalle bei gekreuzten Nikols das schwarze Kreuz zeigen. Man kann also vielleicht annehmen, daß eine radial angeordnete Orientierung der Moleküle sich in solchen Flüssigkeitströpfchen herstellt.«

Wie Nernst in dieser Hinsicht in Zweifel geraden konnte, ist unverständlich; denn Seite 76 derselben Auflage (und ebenso in allen anderen Auflagen) steht klar und deutlich: »Man wird demnach einen Kristall definieren als einen homogenen Körper, in welchem sich verschiedene, von einem seiner Punkte auslaufende Richtungen physikalisch verschieden verhalten. Die Voraussetzung der Homogenität, welche im folgenden immer festzuhalten ist, besagt, daß die physikalischen Eigenschaften nur von der Richtung, nicht vom Orte abhängen und insbesondere für alle parallelen gleichen Richtungen gleich sind.« Zu dieser Definition passen doch wohl Sphärokristalle und sonstige gekrümmte Kristalle, vor allem aber flüssige Kristalle durchaus nicht! Nernst durfte weder Sphärokristalle noch flüssige Kristalle als möglich zugestehen, er verwechselt offenbar

[1] In einem Bericht über die XIII. Hauptversammlung d. D. Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie in Dresden (Der Tag 30. V. 1906) von Dr. H. Großmann, in welchem von dem Siegeszug der physikalischen Chemie gesprochen wird, werdem diesem (allerdings unter Verschweigung meines Namens) auch die flüssigen Kristalle angereiht. Als Entdecker wird Hr. Vorländer genannt.

[2] Siehe Flüssige Kristalle 1904 S. 131. Hier habe ich mir zum erstenmal erlaubt, an dem Verfahren des Hrn. Nernst Kritik zu üben, um nicht, ebenso wie in früheren Fällen, bei den Studierenden, welche das Nernstsche Lehrbuch benutzen, in den Verdacht zu kommen, ich hätte mir eine Theorie des Hrn. Nernst oder eines andern Forschers unrechtmäßiger Weise angeeignet.

sich selbst mit mir, denn **ich** bin derjenige, der die Sphärokristalle unter die Kristalle aufgenommen hat (und zwar im Gegensatz zu den alten Anschauungen der Kristallographen[1]) und der zuerst die Möglichkeit der Existenz flüssiger Kristalle (auf Grund langjähriger Vorarbeiten) erörtert hat. Wie leicht Herrn Nernst solche Verwechslung wird, zeigt sich in den folgenden Auflagen des Buches, wo ohne Änderung der Kristalldefinition, also unter strenger Aufrechterhaltung der Homogenität als Charakteristikum eines Kristalls gesagt wird[2]: »Die Erscheinung, daß es bis zum gewissen Grade biegsame und selbst plastische Kristalle gibt, ist seit langem bekannt[3].« Das ist wohl richtig von meinem[4] Standpunkt, aber eben nur von diesem, denn von seiten der Kristallographen und Physiker wurde die Existenz plastischer Kristalle, deren Raumgitter sich ohne Änderung der Eigenschaften stören läßt, für unmöglich gehalten. So stellt sich also Nernst in Widerspruch zu seiner Definition, bezüglich der Plastizität ganz auf meinen Standpunkt, indem er später sagt, es werde in meinen Publikationen »kein Unterschied zwischen der wahrscheinlich völlig verschiedenartigen Erscheinung der Plastizität gewisser Kristalle und dem erwähnten Phänomen der Trübung und Aufhellung (der Schmelzen von Reinitzer und Gattermann) gemacht«; denn solche mit dem Verhalten dieser Körper (welche Nernst nunmehr nicht mehr als flüssige Kristalle betrachtet) vergleichbare Plastizität hatte eben bis dahin außer mir niemand wahrgenommen oder vermutet.

Diese Leichtigkeit, mit welcher Nernst meine Ansichten mit den seinigen verwechselt, selbst wo sie mit letzteren in Widerspruch stehen, erklärt, daß solche Verwechslung auch da stattgefunden hatte, wo Übereinstimmung herrschte, d. h. daß Ergebnisse, die sich zuerst in meinen Abhandlungen fanden und mein geistiges Eigentum sein dürften, ohne Nennung meines Namens in das Nernstsche Buch übergegangen sind. (Vgl. weiter unten §§ 3 u. 6.)

---

[1] Siehe z. B. die Kritik von Cohen, vgl. Molekularphysik 1, 379, Anmerk.

[2] W. Nernst, Theoret. Chem. 5. Aufl. 1907, S. 633 u. 6. Aufl. 1909 S. 637.

[3] Ein Hinweis auf meine Untersuchungen oder sonstige Literatur wird nicht gegeben, somit der Schein erweckt, es handle sich um eine in kristallographischen Werken seit alter Zeit erörterte und als zweifellos richtig erwiesene Sache.

[4] Siehe Molekularphysik 1, 64 u. ff., 1888.

Man mag hieraus erkennen, mit welchem Recht Herr Nernst neuerdings (7. Aufl. 1913 S. 666) unter Bezugnahme auf die Rezension meiner Schrift »Das Kristallisationsmikroskop« durch Herrn Johnsen[1] mir Willkürlichkeit in der historischen Darstellung vorwirft. Daß, wie er weiter behauptet, meine Auffassung vom Standpunkt seines Werkes einfach undiskutierbar sei, steht zwar mit seinen oben zitierten früheren Angaben, aus welchen man schließen mußte, die Existenz der flüssigen Kristalle sei eine Konsequenz seiner Anschauungen, in Widerspruch, ist aber zutreffend, eben weil die Nernstsche Auffassung (die Identitätstheorie) falsch, somit eine Widerlegung meiner Ausführungen unmöglich ist.

Nachstehend gebe ich eine kurze Übersicht des Gedankenganges meiner Arbeiten und der erzielten Resultate mit historischen Notizen, die man mit der Darstellung der Herren Johnsen und Nernst vergleichen möge (namentlich die §§ 3 und 6). Dabei wird sich ohne weiteres ergeben, wie wenig deren Behauptungen berechtigt sind.

1. Raumgitterstörung beim Fließen fester Kristalle.

Bewegen sich die Moleküle eines Kristalls, wenn derselbe durch eine die Elastizitätsgrenze übersteigende Kraft zum Fließen gebracht wird, unter Störung des Raumgitters entsprechend den hydrodynamischen Stromlinien, oder ist Störung des Raumgitters unmöglich, ist die Analogie zum Fließen amorpher Körper nur eine scheinbare, indem beständiges Zerbrechen (ohne Raumgitterstörung) und Wiederverschweißen der Trümmer, oder Gleiten der Masse nach bestimmten Ebenen unter Parallelverschiebung (also ebenfalls unter Erhaltung des Raumgitters) stattfindet? Dies war die Grundfrage, veranlaßt durch Beobachtungen bei Gips (1873)[2] und Ammoniumnitrat (1874)[3], welche sich zu durchsichtigen Ringen biegen ließen. Ihre Beantwortung war es, die allmählich zur Entdeckung flüssiger Kristalle führte.

---

[1] Johnsen, Phys. Zeitschr. 12, 461, 1911.

[2] Siehe: Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 149. (Falls, wie hier, bei Zitaten der Name des Autors fehlt, handelt es sich um meine eigenen Publikationen.) Ferner: O. Mügge, N. Jahrb. f. Mineralogie 1886, I, 141.

[3] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 110, 1877.

Bis dahin war die Frage gar nicht erörtert worden, obschon Erscheinungen in der Natur[1] und in der Technik[2] sie sehr nahe legten. Man kam aber nicht auf den Gedanken der Möglichkeit einer Änderung des Raumgitters, weil dieses das Wesen des Kristalls zu bilden schien, das dessen (durch die chemische Zusammensetzung festgelegte) Form bestimmte, sowie sämtliche Eigenschaften; derart, daß die Änderung der letzteren im Fall polymorpher Umwandlung erklärt wurde durch eine Änderung des Raumgitters und ebenso die Änderung der Eigenschaften beim Übergang in den amorphen Zustand durch völlige Vernichtung des Raumgitters. Jede Änderung der Raumgitteranordnung mußte also von einer Änderung der Eigenschaften begleitet, d. h. gleichbedeutend mit Zerstörung des Kristalls sein, während beim »Fließen eines Kristalls« dieser selbst, (d. h. bezüglich der Eigenschaften) natürlich ungeändert bleiben muß.

Ich fand vor allem (anscheinend durch Kapillardruck oder Gegendruck eines zähen Mediums) zu mikroskopisch kleinen Ringen zusammengebogene völlig durchsichtige Kristalle, bei welchen sich die Auslöschungen stetig änderten und überall der Tangente parallel waren, z. B. bei Orthoquecksilberditolyl[3], welches

---

[1] J. D. Forbes, Phil. Trans. Lond. 1846, S. 143 beispielsweise, versuchte das Fließen der Gletscher zu erklären durch Annahme einer breiigen Struktur derselben aus Eistrümmern und Wasser; J. Tyndall, Phil. Mag. (4) **15** u. **16**, 1858; **17**, 1859 nahm Regelation als Ursache an; H. Schlagintweit, Pogg. Ann. **80**, 177, 1850 Zertrümmerung und Wiederverschweißung. (Siehe auch E. Hagenbach, Verh. d. nat. Ges. Basel **8**, 821, 1879); Fr. Pfaff, Pogg. Ann. **155**, 169, 1875 vermutete den Grund in der von E. Reusch, Pogg. Ann. **121**, 578, 1864 entdeckten Translation längs Gleitflächen.

[2] Die Versuche von H. Tresca über das Fließen fester Metalle unter hohem Druck, Compt. rend. **59**, 754, 1864 erklärte man durch das leichte Verschweißen der Trümmer, welches von W. Spring, Bull. Acad. Belg. (2) **49**, 27, 1880 bewiesen wurde. Schließlich sollten regellose Molekularaggregate entstehen, wenn die Trümmer nur noch einzelne Moleküle sind, die Metalle sollten durch Schmieden usw. amorph werden. Siehe auch S. Kalischer, Ber. d. D. chem. Ges. **15**, 702, 1882; W. Voigt, Rapp. prés. au Congr. intern. de phys. Paris 1900 S. 67; Phys. Zeitschr. **4**, 854, 1903; W. Campbell, Zeitschr. f. d. g. Hüttenk. 1906 Nr. 23 u. 24; G. Wyrouboff, Rev. gén. d. Sc. **17**, 1057, 1906; P. Asteroth, Dissert. Marburg 1907; Ch. Ed. Guillaume, Schweiz. Naturf. **1**, 205, 1907: G. T. Beilby, Zeitschr. f. Krist. **42**, 308, 1906 Beibl. **32**, 931, 1908; G. Tammann, Zeitschr. f. Elektrochem. 1912, 587, welch letzterer annimmt, daß ausschließlich Translation längs Gleitflächen (Reusch) erfolgt.

[3] Zeitschr. f. Kristallogr. **10**, 7, Fig. 39, 1885.

sich aus Lösung in Kolophonium ausschied, bei welchen also die Trümmer einzelne Moleküle und die Auslöschungsrichtungen die Achsen der Moleküle waren, folglich das Raumgitter völlig inhomogen sein mußte, im Widerspruch zu der herkömmlichen Kristalldefinition, welche Homogenität als wichtigstes Attribut der Kristalle bezeichnete[1]. (Daß die Auslöschungen durch die Moleküle, nicht durch deren Aggregation bedingt sind[2], folgte aus den Untersuchungen über Polymorphie § 6). Aus diesem Grunde habe ich mich bereits vor 25 Jahren dahin geäußert, zwischen der Plastizität der Kristalle und der der amorphen Körper sei nur insofern ein Unterschied, als bei Kristallen die Elastizitätsgrenze nach verschiedenen Richtungen verschieden ist, so daß (ähnlich wie bei Spaltbarkeit) eine Ebene hinsichtlich der Plastizität weitaus bevorzugt sein kann[3], was die Versuche von Reusch erklärt. Bei amorphen Stoffen bildet (wie bekannt) die Gleitfläche 45° mit den Hauptspannungen[4], bei Kristallen kann der Winkel (in jedem Fall) ein anderer sein.

2. Gerundete Kristalle, Globuliten und Skelette.

Bei weichen Kristallen erscheinen, wohl infolge (zu normaler Treppenbildung) unzureichender molekularer Richtkraft, Flächen, Kanten und Ecken häufig gerundet; embryonale Kristalle (Globuliten), die allmählich fest und allmählich anisotrop werden, wie M. Vogelsang (1875) annahm, gibt es aber nicht. Die Skelettbildung beruht nicht auf Globulitenaggregation, sondern auf Erschwerung der Diffusion[5], die sich durch das Auftreten eines lichteren oder weniger stark lichtbrechenden d. h. minder übersättigten Hofes um die wachsenden Kristalle kundgibt.

3. Die anomalen Mischkristalle und Schichtkristalle.

Das Gesetz der getrennten Kristallisation ist kein Beweis für die Notwendigkeit homogener Raumgitterstruktur. Daß nur Ein-

---

[1] Vgl. P. Groth, phys. Kristallogr. 4. Aufl. 1905; E. Riecke, Lehrb. d. Physik 5. Aufl. **1**, 574, 1912; W. Nernst, Theoret. Chem. 7. Aufl. S. 73, 1913; H. Deischa, Zeitschr. f. Kristallogr. **50**, 32, 1911 usw.

[2] Natürlich ist dies nicht so aufzufassen, als ob ein einzelnes Molekül Auslöschungsrichtungen habe.

[3] Molekularphysik **1**, 64 u. ff. 1888.

[4] Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **52**, 387, 1908; Phys. Zeitschr. **8**, 386, 1907.

[5] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 433, 1877; Molekularphysik **1**, 730, 1888.

mischung in die einzelnen (aus vielen chemischen Molekülen bestehenden) Kristallmoleküle stattfindet, wie es die Homogenität des Raumgitters erfordern würde (Theorie der Isomorphie), ist unrichtig schon deshalb, weil auch nicht isomorphe Stoffe sich einmischen, z. B. Eisenchlorid in Salmiakkristalle[1].

Es handelt sich dabei nicht um Einschlüsse von Mutterlauge, denn die Kristalle sind dunkler als die Lösung; auch nicht um Einschluß fester Partikelchen, denn solche werden von den wachsenden Kristallen zurückgeschoben; sondern um Zuströmen des Eisenchlorids durch Diffusion, denn um die Kristalle bildet sich ein Hof, der heller ist als die Mutterlauge. Die Lösung als Lösung von Eisenchlorid betrachtet, ist übersättigt in bezug auf Salmiak. Es gibt somit — was bis dahin nicht bekannt war — zwei Sättigungspunkte einer solchen Lösung in bezug auf Salmiak (den andern, insofern sie Salmiaklösung ist). Erst nach Überschreiten des ersten Sättigungspunktes (Vaters Schwellenwert) beginnt die Färbung. Daß sie nach Überschreitung einer gewissen Konzentration (Vaters Höhenwert) nicht mehr zunimmt, ist selbstverständlich, da sich die Zusammensetzung der Mischkristalle immer mehr der der reinen Farbstoffkristalle nähert, für welche die Lösung ungesättigt ist. Die Übergänge zu Schichtkristallen beweisen, daß es sich um Zwischenlagerung handelt, d. h. ein Mischkristall hat die molekulare Konstitution einer Lösung. Er ist weniger löslich als die Komponenten, so wie die Grenzfläche bei Schichtkristallen. Die Raumgitterstruktur der Mischkristalle, insbesondere der geschichteten, ist inhomogen.

4. Krümmung und Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit.

Die Raumgitterstörung bei nichtisomorpher Beimischung gibt sich namentlich bei geschichteten anomalen Mischkristallen auch äußerlich kund durch Krümmung, Verdrillung und Verzweigung der Kristalle[2], welche sich bis zur Entstehung von Sphärokri-

[1] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 483, 528, 1877; 8, 433, 1883; Zeitschr. f. phys. Chem. 1, 15, 1887; 8, 543, 1891; Wied. Ann. 51, 47, 1894; Molekularphysik 1, Taf. 3—5, 1888; Flüssige Kristalle 1904, 150—182; Die scheinbar lebenden Kristalle 1907, S. 52; Die neue Welt d. flüssigen Kristalle 1911, S. 122.

[2] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 479, 1872 u. später; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 30, Fig. 16 u. 32.

stallen[1] fortsetzen kann. In anderer Weise äußert sie sich durch Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit, z. B. bei Salmiak mit Eisenchlorid[2]. Weiter in Erhöhung der Stabilität polymorpher Modifikationen[3], z. B. bei Salmiak mit Cadmiumchlorid oder Brom- und Jodammonium.

5. Die Eigenschaften verbogener Kristalle.

Löslichkeit, Schmelzpunkt, Dampftension und andere Eigenschaften erweisen sich meinen Untersuchungen zufolge als unabhängig von der Raumgitterstörung, können also nicht durch die Art der Aggregation der Moleküle bedingt sein[4].

6. Die Umwandlungstemperatur bei Polymorphie.

Die Unabhängigkeit der Eigenschaften plastischer Kristalle von der Art der Aggregation der Moleküle steht im Widerspruch zu der üblichen Theorie des Polymorphismus, welche annimmt, zwei polymorphe Modifikationen beständen aus denselben Molekülen in verschiedener Raumgitteranordnung; denn Löslichkeit, Schmelzpunkt und Dampftensionen solcher Modifikationen sind verschieden, wie sich insbesondere bei meiner Untersuchung der »Aufzehrungserscheinungen« ergeben hat. Früher waren diese rätselhaft, weil man nur einen Sättigungspunkt einer Lösung kannte (vgl. Vogelsangs Globulitenattraktion). Aus meinen Beobachtungen ergab sich, daß nicht einfach von dem Sättigungspunkt einer Lösung gesprochen werden könne, daß vielmehr angegeben werden müsse, in bezug auf welche Modifikation die Sättigung gemeint ist. Hierdurch klärte sich der Vorgang vollkommen auf. Durch Auflösung der labilen Modifikation entsteht eine Lösung (bzw. ein Dampf), die in bezug auf die stabile

---

[1] Zeitschr. f. Kristallogr. **18**, 459, 1890.

[2] Molekularphysik **1**, Taf. III, 1888; Vierteljahrsber. d. Wien. Ver. z. Förd. d. phys. u. chem. Unterr. **12**, 250, 1907; Jahresber. d. phys. Ver. z. Frankfurt a. M. 1906/07, Sonderabdr. S. 19, 1908.

[3] Molekularphysik **1**, 455, 1888; Ann. d. Phys. **21**, 181, 1906; Flüssige Kristalle 1904, 199; Scheinb. lebende Kristalle 1907, S. 56.

[4] Zeitschr. f. Krist. **12**, 404, 1887; Flüssige Kristalle 1904, S. 164, (gegen W. Nernst, Theoret. Chem. 4. Aufl. 88, 1903); A. Ritzel, Zeitschr. f. Krist. **49**, 152, 1911.

Modifikation übersättigt ist, so daß letztere wachsen muß, während die erstere sich auflöst[1].

Der Vorgang der Umwandlung sollte nach der üblichen Theorie lediglich in einer Umlagerung der Moleküle (Raumgitteränderung) ohne Änderung ihrer Natur bestehen. Dieser molekularen Umlagerung sollte sich die innere Reibung widersetzen[2], derart, daß die eine Modifikation bis zu einer »oberen Grenztemperatur« erhitzt, die andere bis zu einer »unteren Grenztemperatur« abgekühlt werden müßte, falls Umwandlung eintreten sollte, wobei die Differenz der beiden Grenztemperaturen etwa der mittleren inneren Reibung der beiden Modifikationen entsprechen würde. Im Gegensatz dazu fand ich, daß in einzelnen Fällen von Polymorphie, die ich als »Enantiotropie« bezeichnete, speziell dann, wenn beide Modifikationen in Berührung sind[3], Vor- und Rückumwandlung bei derselben Temperatur vor sich gehen. Diese Temperatur, von der ich bereits angab, daß sie ähnlich wie Schmelz- und Siedepunkt vom Drucke abhängig sein müsse und ganz der Dissoziationstemperatur lockerer (Molekül-) Verbindungen (d. h. solcher chemischer Verbindungen, die nicht der Strukturtheorie und der Avogadroschen Regel genügen) entspreche, deren Existenz kein Ergebnis der Thermodynamik ist, nannte ich »Umwandlungstemperatur«[4].

Aus meinen Beobachtungen über die Aufzehrungserscheinungen folgte weiter, daß entsprechend G. Kirchhoffs[5] Betrachtungen über die Dampftension beim Schmelzpunkt, die Temperatur, bei welcher die Löslichkeiten bzw. Dampftensionen beider Modifikationen gleich sind, die Umwandlungstemperatur ist, und

---

[1] Zeitschr. f. Krist. 1, 101, 1877; Molekularphysik 2, 151, 1888; Zeitsch. f. phys. Chem. 9, 671, 1892; Flüssige Kristalle 1904, 159; Die neue Welt der flüss. Kristalle 1911, S. 83 ff.

[2] W. Gibbs, Thermodyn. Studien, 1876, deutsch von W. Ostwald 1892 S. 43 Anm. 1; O. Lehmann, Ann. d. Phys. 20, 77, 1906; 22, 469, 1907; Zeitsch. f. phys. Chem. 71, 355, 1910; Die neue Welt d. fl. Kristalle 1911, S. 73.

[3] Zu dessen Realisierung das von mir konstruierte Kristallisationsmikroskop gehört, weshalb früheren Beobachtern die Existenz d. Umwandlungstemp. entgangen ist

[4] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 17, 1877; Molekularphysik 1, 119 u. ff., 1888; Flüssige Kristalle 1904, 190. Das Kristallisationsmikroskop, Braunschweig 1910, S. 18 u. ff.; Die neue Welt der flüssigen Kristalle 1911, S. 73 u. ff. S. a. W. Nernst, Th. Chem. 7. Aufl. 1913, 14, wo sich nur ein Hinweis auf W. Ostwalds Allg. Chemie findet.

[5] G. Kirchhoff, Pogg. Ann. 113, 206, 1858; J. H. van t'Hoff, 1884.

daß über oder unter derselben jeweils die labile Modifikation die größere Löslichkeit bzw. Dampfspannung besitzt.

Aus diesen Untersuchungen habe ich den Schluß gezogen, eine bestimmte Molekülart könne sich immer nur zu einem einzigen Raumgitter aggregieren[1], woraus in Übereinstimmung mit dem oben dargelegten folgt, daß durch Deformation plastischer Kristalle allein nie polymorphe Modifikationen entstehen können.

7. Die drei Aggregatzustände eines Stoffs.

Durch die Ausdehnung dieser »Theorie der physikalischen Polymerie« auf die sog. drei Aggregatzustände eines Stoffs, in dem Sinne, daß Schmelzpunkt und Siedepunkt enantiotrope Umwandlungstemperaturen sind, fiel auch der Widerspruch zwischen dem Verhalten plastischer Kristalle und der üblichen Theorie der Amorphie, d. h. letztere wurde unhaltbar. Die sog. drei Aggregatzustände sind hiernach (unter Benutzung der 1876, bald nach Erscheinen meiner Abhandlung, welche von ihm zitiert wird [a. a. O. S. 380, Anm. 1], von W. Gibbs eingeführten Bezeichnungen) Phasen, die sich in heterogenem Gleichgewicht befinden und von welchen jede aus drei voneinander abhängigen in homogenem Gleichgewicht befindlichen Komponenten besteht[2]. Nach der herkömmlichen Identitätstheorie[3], welche früher zu der Bezeichnung »Aggregatzustände« Anlaß gegeben hatte, waren solche homogenen Gleichgewichte, z. B. zwischen Eis-, Wasser- und Dampfmolekülen ausgeschlossen, eben weil diese Moleküle identisch sein sollten, also von einer Mischung derselben zu sprechen keinen Sinn hatte. Durch meine Theorie ergab sich sofort (wenigstens qualitativ — die quantitative Bearbeitung fehlt noch —) die Erklärung der bis dahin unverständlichen Anomalien der thermischen Ausdehnung, der spez. Wärme, der Oberflächenspannung usw. in der Nähe von Schmelz- und

---

[1] Molekularphysik, Kapitel Molekulartheorien Bd. **2**, 413, 1889.

[2] Zeitschr. f. Kristallogr. **1**, 97. 1877 (Dissert. Straßburg 1876); Molekularphysik **1**, 682, 1888; **2**, 139, 1889; Ann. d. Phys. **20**, 77, 1906; **22**, 469, 1907; Zeitschr. f. phys. Chem. **71**, 355, 1910.

[3] Welche z. B. die Grundlage in W. Nernsts Theor. Chemie 7. Aufl. 1913 bildet (S. 56, 68, 666 usw.).

Siedepunkt, der Existenz der kritischen Temperatur[1], das Wesen der Kondensation der Dämpfe und der Kristallisation der Schmelzen (einschl. der von mir so genannten Monotropie[2]), sowie der Überkühlung der Schmelzen zu amorphen Körpern.

8. Amorphe, feste Körper (Gläser, Harze).

Während man früher annahm, solche seien lediglich regellose Aggregate derselben Moleküle, aus welchen eine der kristallisierten sog. Modifikationen des Stoffs in Raumgitteranordnung zusammengesetzt ist[3], mußten sie nach meiner Erklärung Gemische der Moleküle verschiedener Modifikationen sein, die sich entweder in homogenem Gleichgewicht befinden oder mit durch die Zähigkeit sehr verminderter Geschwindigkeit solchem zustreben. Während bei Mischkristallen sich nur starke Reduktion der Wachstumsgeschwindigkeit und der Größe der Individuen zeigt, fehlt amorphen Stoffen die Wachstumsfähigkeit vollkommen. Sie können deshalb auch nicht (wie noch W. Gibbs a. a. O. S. 380 glaubte) als Phasen bezeichnet werden wie Kristalle, denn sie können sich nur insofern an einem heterogenen Gleichgewicht beteiligen, als je nach der Beschaffenheit vorhandener Kerne früher oder später eine Aufhebung des Übersättigungszustandes möglich ist, z. B. in Dämpfen durch Rauchbildung. Die Ansicht, Kristalle könnten z. B. durch Ausschmieden amorph werden (§ 1 Anm. 2), hat sich durch meine Versuche an plastischen Kristallen[4] als unhaltbar erwiesen. Die Löslichkeit bleibt dabei durchaus dieselbe und der Schmelzpunkt ist ebenso scharf wie zuvor, während amorphe Körper allmählich erweichen. (Vgl. § 5).

9. Kristallisationskraft und Selbstreinigungsvermögen.

Die Kraft, welche beim Zusammentreten der Kristallmoleküle zum Raumgitter bewirkt, daß fremde Moleküle (z. B. solche des

[1] Siehe auch J. D. van der Waals, Nobelvortrag vom 12. Dez. 1910 S. 9 »Scheinassoziation«.

[2] Molekularphysik **1**, 103, 688, 1888; Zeitschr. f. Kristallogr. **18**, 465, 1890 (Erkennung der Farbe der Schmelze); Zeitschr. f. phys. Chem. **73**, 598, 1910 (der prinzipielle früher vermutete Unterschied gegen Enantiotropie besteht nicht).

[3] Siehe § 1 Anm. 2: W. Voigt, G. Wyrouhoff, Ch. Ed. Guillaume usw.

[4] Zeitschr. f. physik. Chem. **4**, 467, Fig. 3, 1889.

Lösungsmittels), die sich zwischen ihnen befinden, gewissermaßen herausgequetscht werden (Selbstreinigungsvermögen), ist wohl dieselbe, welche in andern Fällen die fremden Moleküle zu regelmäßiger Anlagerung zwingt (Misch- und Schichtkristallbildung) und bei polymorpher Umwandlung regelmäßige Orientierung der beiden Modifikationen gegeneinander[1]. Im letzteren Fall beobachtete ich, daß sie auch Bewegungsvorgänge[2] und Arbeitsleistungen hervorzurufen vermag. In auffälliger Weise kann man Arbeitsleistungen der Kristallisationskraft, wie schon bekannt war, beobachten bei Kristallisation aus Gallerten und bei Elektrolyse fester oder zähflüssiger Körper[3]. Die Wirkung muß sich nicht nur aus dem Gesetz der Molekularkräfte, sondern auch aus den Sätzen der Thermodynamik berechnen lassen.

10. Die flüssigen Kristalle.

Die Kristalle von Ammoniumoleat sind um so weicher und plastischer, je höher die Temperaturen ihres Existenzbereichs.

Ganz so wie die Kristallisationskraft bei Störung des heterogenen Gleichgewichts zwischen Ammoniumnitrat und dessen gesättigter Lösung das Wachsen der Ammoniumnitratkristalle verursacht, bedingt sie beim Abkühlen einer heiß gesättigten Lösung von Ammoniumoleat oder Lezithin in Alkohol die Ausscheidung eines zähflüssigen, trüben kristallinischen Bodensatzes oder bei Abkühlung einer Schmelze von Jodsilber die Ausscheidung plastischer Jodsilberkristalle[4]. Die letztere Jodsilbermodifikation, welche zuvor von Rodwell[5] sehr eingehend untersucht und als amorph (d. h. nach meinen Vorstellungen über die Natur amorpher Körper als vielleicht zähflüssig) erklärt war, erkannte ich als kristallinisch. Hier trat also zuerst die Frage auf, können Kristalle nicht nur plastisch sein, d. h. als feste Körper unter Druck, der

---

[1] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 107, 490, 1877.

[2] Wied. Ann. 25, 173, 1885; Ann. d. Phys. 21, 381, 1906.

[3] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 487, 1877; Molekularphysik 1, 345, 1888; Flüssige Kristalle 1904, 137; Die neue Welt der fl. Kristalle 1911, 330; Physik. Zeitschr. 11, 44, 1910; Umschau 14, 950, 1910.

[4] Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 120, 492 Anm. 1877; Wied. Ann. 24, Taf. 1, Fig. 27, 1885; 38, 400, Anm. 2, 1889; Die neue Welt d. fl. Kristalle 1911, S. 154 u. ff.

[5] C. F. Rodwell, Chem. News 30, 289, 1874; Proc. Roy. Soc. Lond. 25, 287, 1876/77; Phil. Trans. Lond. 173, 1137, 1882.

die Elastizitätsgrenze übersteigt, fließen oder gibt es auch flüssige Kristalle, d. h. solche, welchen eine Elastizitätsgrenze fehlt?

Auf Grund zahlreicher Beobachtungen mittels meines für diese Untersuchungen sehr wesentlichen Kristallisationsmikroskops (auch an anderen Stoffen[1]) kam ich natürlich zu dem Ergebnis die genannten Kristalle von Ammoniumoleat (u. Lezithin) haben keine Elastizitätsgrenze, denn zwei Individuen können zu einem größeren Individuum zusammenfließen und sich zu normaler (gerundeter) Polyederform ausrecken.

11. Gestaltungskraft und spontane Homöotropie.

Daß freischwebende flüssige Kristalle, obschon sie, wie das Zusammenfließen beweist, Oberflächenspannung besitzen, sich nicht wie amorphe flüssige Tropfen zu Kugeln abrunden, ist die Wirkung einer Gestaltungskraft, die nicht Elastizität sein kann, da auch eine aus einem flüssigen Kristall herausgeschnittene Kugel sich sofort zu polyedrischer Gestalt ausrecken würde. Wahrscheinlich beruht die Gestaltungskraft auf Anisotropie der Expansivkraft (der thermischen Bewegung) infolge der (durch die optische Anisotropie nachweisbaren) anisotropen Struktur, welche Ausbeulungen der Oberfläche hervorruft, bis der dadurch geweckte Kapillardruck den Überschuß der Expansivkraft an der betreffenden Stelle kompensiert[2]. Der Mangel irgend welcher Strömungen im flüssigen Kristall beweist, daß die Oberflächenspannung selbst (nicht der Kapillardruck) überall denselben Wert hat.

12. Erzwungen regelmäßig flüssig-kristallinische Schichten.

Nur äußerst kleine flüssige Kristalle haben annähernd regelmäßige Raumgitterstruktur wie normale feste Kristalle; doch läßt sich auch in ausgedehnteren Schichten regelmäßige Struktur erzwingen, wenn dieselben zwischen geeignete übereinstimmend orientierte anisotrope Platten oder mit dünnen übereinstimmend

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 462, 1889; Molekularphysik **2**, 221, 1889; Zeitschr. f. phys. Chem. **5**, 427, 1890; Ann. d. Phys. **40**, 401; **41**, 525, 1890; Wied. Ann. **56**, 771, 1895; Zeitschr. f. phys. Chem. **18**, 91, 1895; Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 321, 1908; Heidelb. Sitzb. 1912 Nr. 13 S. 5 usw. Konstanten s. in Landolt-Börnsteins Phys. chem. Tabellen 4. Aufl. 1912 S. 246; desgl. Literatur.

[2] Ann. d. Phys. **2**, 704, 1900; **12**, 319, 1903; **17**, 728, 1905. Verh. d. D. phys. Ges. **8**, 143, 1906; Phys. Zeitschr. **7**, 722, 789, 1906.

orientierten flüssig-kristallinischen Häutchen überzogene isotrope Platten gebracht werden. Bei solchen flüssig-kristallinischen Schichten lassen sich dieselben optischen Untersuchungen durchführen wie bei festen Kristallplatten[1]. Bei Verwendung einer Linse als Deckglas kann man durch Ausmessung der Newtonschen Ringe zwischen gekreuzten Nikols die Doppelbrechung der flüssigen Kristalle bestimmen[2]. Durch ein magnetisches Feld läßt sich die Anordnung der Moleküle stören[3]. Strömung ändert die Struktur nicht, wenn sie nicht zu rasch ist[4], jedes Molekül behält bei der Bewegung seine Orientierung wie eine Kompaßnadel.

13. Die Brownsche Bewegung bei flüssigen Kristallen.

Dieselbe ist schwer zu konstatieren (desgl. ihre Anisotropie), weil wegen des Selbstreinigungsvermögens feine Partikelchen nicht suspendiert bleiben. Es ist nicht möglich, flüssig-kristallinische kolloidale Lösungen herzustellen. Doch läßt sich an der Entstehung rasch wechselnder winziger Ätzfiguren ein bewegliches Gleichgewicht zwischen flüssigen Kristallen und ihrer Mutterlauge erkennen[5]. (Vgl. ferner Ch. Mauguin § 15 a. folg. Seite.)

14. Erzeugung von Schraubenstruktur durch Verdrillung.

Die durch gegenseitige Verdrehung der begrenzenden anisotropen Platten sich herstellende Schraubenstruktur macht sich geltend durch Drehung der Polarisationsebene und der Richtung stärkster Absorption. Die infolge des Dichroismus auftretende Färbung entspricht bei unten eingeschaltetem Nikol der Struktur der Unterseite, bei oben eingeschaltetem dem der Oberseite[6].

15. Spontane und erzwungene Pseudoisotropie.

Die Adsorptionskraft von Glasplatten (auch von Glimmerplatten) kann bewirken, daß sich die Molekülhauptachsen (Blätt-

---

[1] Wied. Ann. **41**, 529, 1890; Ann. d. Phys. **2**, 657, 1900; **12**, 311, 1903. Auch die regelm. Orientierung bei Entstehung aus festen Kristallen kann ebenso wirken: Flüssige Kristalle Taf. 3—5, 1904.

[2] Ann. d. Phys. **18**, 808, 1905; Fricks phys. Technik II (2) 1341, 1909.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 689, 1900. Ch. Mauguin, Compt. rend. **152**, 1680, 1911.

[4] Ann. d. Phys. **39**, 80, 1912.

[5] Phys. Zeitschr. **12**, 543, Anm. 1911.

[6] Ann. d. Phys. **2**, 670, 1900. Ch. Mauguin, Compt. rend. **151**, 886, 1910; Die neue Welt d. fl. Krist. 1911 S. 222 Anm. 2.

chenachsen) senkrecht zum Glase stellen, während die Nebenachsen völlig regellos gerichtet sind. Eine derartige Struktur nannte ich pseudoisotrop oder halbisotrop[1]. Durch Drücken oder Verschieben der Schichten übereinander läßt sich unter Umständen die Pseudoisotropie erzwingen oder verbessern[2]. In Kapillarröhren verursacht sie der Achse parallele Interferenzstreifen[3], die sich beim Strömen der Flüssigkeit nicht ändern, was auf Blättchenform der Moleküle hinweist[4]. Durch einseitigen Druck kann die Molekularanordnung gestört werden. Bei intensivem Licht zeigt sich (nach Ch. Mauguin) szintillierende Aggregatpolarisation, die durch die Brownsche Bewegung veranlaßt sein kann, da die Substanz nicht optisch einachsig ist[5].

16. Erzwungene Homöotropie und Transkristallisation.

Bei heftigerer Strömung in regelmäßigen flüssig-kristallinischen Schichten treten Strukturstörungen auf, die sich durch Schlierenbildung kundgeben. Bei zähen flüssigen Kristallen erkennt man, daß sich die Moleküle gewissermaßen wie Möbelrollen verhalten, deren Achsen sich senkrecht zur Verschiebungsrichtung zu stellen suchen[6]. Auf diese Weise können durch Verschieben der begrenzenden Platten übereinander pseudoisotrope Massen entstehen mit zum Glas paralleler Achse (erzwungene Homöotropie).

17. Einfache und doppelte konische Störungen.

Bei pseudoisotropen Schichten entstehen leicht Störungen derart, daß sich die Molekülachsen in konachsialen Kegelflächen mit gemeinschaftlicher Basis anordnen, wobei diese an der Oberfläche liegen kann oder auch die Schnittebene durch die Achse, in

---

[1] Ann. d. Phys. **2**, 689, 1900; Phys. Zeitschr. **11**, 575, 1910; Heidelb. Sitzb. 1911 Nr. 22 Taf. II, Fig. 16—20; 1912 Nr. 13 Fig. 21, Taf. II; Fr. Wallerant, Compt. rend. **143**, 555, 1906; P. Gaubert ibid. **145**, 722, 1907; D. Vorländer, Zeitschr. phys. Chem. **61**, 166, 1907; D. Vorländer und H. Hauswaldt, Acta nova Halle 90, 1909.

[2] Ann. d. Phys. **19**, 408, 1906.

[3] Heidelb. Sitzb. 1911 Nr. 22, Taf. III, Fig. 17 u. 18.

[4] Stäbchen müßten sich wegen der Abnahme der Geschwindigkeit von der Achse gegen die Wandung so zu drehen suchen, daß sie der Achse parallel werden, die Auslöschung müßte also schief zu letzterer werden, um so mehr je rascher der Strom.

[5] Ann. d. Phys. **2**, 671, 696, 1900; F. Wallerant, Comp. rend. **148**, 1291, 1909.

[6] Ann. d. Phys. **12**, 318, 1903; Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **52**, 387, 1908.

welch letzterem Fall die Störung zu beiden Seiten der Basis auftritt, ebenso wie wenn diese im Innern der Masse liegt[1]. Durch regelmäßige Aneinanderreibung solcher konischer Störungen können schachbrettartige Muster entstehen.

18. Halbisotrope Kristalle mit Perlen und Doppelkegeln.

Während sehr kleine flüssige Kristalle anscheinend nahezu regelmäßige Struktur haben (speziell bei Ammoniumoleat und Lezithin), also im polarisierten Licht bei gekreuzten Nikols vollkommen auslöschen, auch Anfänge zu tetragonalen Skelettbildungen zeigen, ist der Querschnitt größerer flüssiger Kristalle stets kreisförmig, sie sind also pseudo- oder halbisotrop. An den Enden der Hauptachse, sowie an denen der Nebenachsen können die Molekülachsen gegen diese hin konvergieren[2]. Die Auswüchse an den Nebenachsen (Wachstumsäste) erscheinen dann als rundliche Perlen[3]. Meist zeigen große Kristalle überdies Verzierungen durch konische Störungen[4].

19. Knickung und Zwillingsbildung.

Infolge ihrer sehr geringen inneren Reibung können freischwebende flüssige Kristalle beim Herumströmen der Mutterlauge um Hindernisse sich ganz entsprechend den Krümmungen der Stromlinien unter stetiger Änderung der Lage der Auslöschungsrichtungen deformieren, wie wenn sie nur mit Polarisationsfähigkeit ausgestattete Teile der Flüssigkeit wären. Bei weitgehender Krümmung kann aber ein Knick auftreten, derart, daß sich dort die Moleküle in Zwillingsstellung befinden[5]. An sehr kleine flüssige Kristalle wachsen häufig Ästchen in Zwillingsstellung an[6]. Zuweilen bildet sich auch aus einem größeren Kristall durch plötzliches Umkippen eines Teils ein Zwilling,

---

[1] Wied. Ann. **56**, 786, Fig. 20—26, 1895; Ann. d. Phys. **12**, 329, 1903; Flüssige Kristalle 1904, S. 40, Taf. V; Ann. d. Phys. **19**, 408, Fig. 1—12, 1906; Verh. d. D. phys. Ges. **13**, 338, 1911; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22 Taf. IV, Fig. 24; Die neue Welt der fl. Krist. 1911, 368.

[2] Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 1, Fig. 22; Taf. 2 Fig. 34 u. 35; Taf. 3 Fig. 45, 55 u. 57.

[3] A. a. O. 1911 Nr. 22 Taf. 2 Fig. 4—14; 1912 Nr. 13 Taf. 1 Fig. 8—36.

[4] Ann. d. Phys. **35**, 211, 1911.

[5] Wied. Ann. **56**, 171, 1895.

[6] Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 1, Fig. 16, 52, 53.

welcher dann durch weiteres Umkippen dieses Teils wieder ein (kürzerer aber dickerer) einheitlicher Kristall werden kann. Offenbar ist die treibende Kraft die Oberflächenspannung, da hierdurch die Oberfläche, also die Energie, ein Minimum wird[1].

20. Ausbreitung flüssiger Kristalle an Luftblasen.

Beim Zusammentreffen flüssiger Kristalle mit Luftblasen in der Mutterlauge können sie sich an diesen (wegen geringerer Oberflächenspannung) zu pseudoisotropen Schichten ausbreiten, welche sich optisch wie hohle Sphärokristalle verhalten[2]. Zwischen zwei solchen Luftblasen entstehen pseudoisotrope Lamellen.

Auf isotrop-flüssiger unbedeckter Schmelze kann sich beim Abkühlen eine pseudoisotrope Haut mit konischen Störungen bilden, so daß die Oberfläche wie ein Insektenauge fazettiert erscheint[3].

21. Myelinformen und scheinbar lebende Kristalle.

Durch kapillare Ausbreitung flüssiger Kristalle zu pseudoisotropen Schichten auf isotropen Flüssigkeitstropfen können gewissermaßen künstliche Zellen mit flüssig-kristallinischer Wandung entstehen. Bei flüssigen Kristallen mit Gestaltungskraft zeigt sich eine Neigung derselben in zylindrische Schläuche überzugehen, welche dadurch wachsen, daß die neuzukommenden Moleküle zwischen die vorhandenen hineingezogen werden und dieselben auseinanderdrängen. Geschieht das Wachstum ungleichmäßig, so treten Krümmungen und Bewegungen ein, so daß die Gebilde, welche identisch sind mit den von Virchow entdeckten Myelinformen, scheinbar lebendig werden. Sie können sich von selbst teilen oder auch zu komplizierteren Gebilden zusammenfließen und sich plötzlich zu Kugeln zusammenziehen[1].

22. Streifen und Fäden, Kern- und Konvergenzpunkte, Höfe.

Pseudoisotrope Schichten erscheinen häufig zwischen gekreuzten Nikols nicht vollkommen dunkel, sondern durchzogen von

---

[1] Ann. d. Phys. **19**, 409, Fig. 20, 1906; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22 Taf. 1, Fig. 16b; Ann. d. Phys. **35**, 210, 1911.

[2] Ann. d. Phys. **12**, 332, 1903; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 9, Fig. 2 u. 3.

[3] Ann. d. Phys. **12**, 333, 1903.

[4] Ann. d. Phys. **19**, 22, 407; **20**, 63, 1906; Die scheinb. lebend. Krist. 1907; Biolog. Zentralbl. **28**, 481, 1908; Die neue Welt d. fl. Krist. 1911, 264.

einem Netzwerk sehr dehnbarer heller Streifen, die beim Drehen auslöschen wie Kristalle[1]. Sie sind aufzufassen als Störungen der Molekularanordnung verursacht durch die Anwesenheit feiner Fäden von Mutterlauge, um welche sich die Moleküle in konzentrischen Kreisen zu gruppieren suchen, soweit sie frei verlaufen, oder in Halbkreisen, soweit sie dem Glase anliegen (halbe Fäden); doch kann auch ein halber Faden frei durch die flüssige Masse laufen, indem die halbkreisförmige Molekularanordnung sich in die normale fortsetzt, falls diese nicht pseudoisotrop, sondern regelmäßig ist. Ein in der Sehrichtung verlaufender Faden erscheint zum »Kernpunkt« verkürzt, einfach als dunkler Punkt, wenn er keine molekulare Störung verursacht, sonst umgeben von rundem grauen Hof, dessen graue Farbe zum Teil durch Lichtbrechung bedingt ist, zum Teil durch Trübung infolge der starken Abweichung der Molekülanordnung von der normalen Raumgitterstruktur[2]. Beim Zusammenfließen flüssiger Kristalle bilden sich ferner solche Fäden, um welche die Molekularanordnung eine hyperbel- oder lemniskatenförmige ist, ebenfalls entweder ringsum oder nur halb. In der Sehrichtung verlaufend erscheinen sie als dunkle Punkte mit viereckigem Hof (Konvergenzpunkte)[3]. Bei Strömungen in der Masse werden an den Enden befestigte Fäden durchgebogen wie wenn sie elastisch wären und das Bestreben hätten, sich zusammenzuziehen (Wirkung der Oberflächenspannung). Unreinigkeiten bleiben daran hängen[4].

23. Symmetrische Kristalltropfen mit Zwillingsebene.

Flüssige Kristalle ohne Gestaltungskraft erscheinen freischwebend als kugelrunde Tropfen, enthalten aber normal immer einen Faden, dessen Gleichgewichtslage die ist, wenn er geradegestreckt

---

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, Taf. 3, Fig. 5, 1889; Molekularphysik **2**, 221, 1889; Wied. Ann. **56**, 786, 1895; Flüssige Kristalle 1904 Taf. 9 Fig. 6—10; Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 3 u. 4, Fig. 72; Phys. Zeitschr. **7**, 578, 1906; **11**, 575, 1910; Ann. d. Phys. **2**, 679, 1900; **39**, 91, 106, 1912; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22, Taf. 6, Fig. 79—84.

[2] Ann. d. Phys. **39**, 91, 1912. Vgl. auch P. P. v. Weimarn, Kolloidzeitschr. **4**, 59, 1909 und A. Coehn, Zeitschr. f. Elektrochem. **15**, 652, 1909.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 679, 1900; **39**, 106, 1912.

[4] Ann. d. Phys. **39**, 101, 1912. Vgl. auch H. Deischa, Zeitschr. f. Krist. **50**, 28, 1911.

durch die Mitte des Tropfens geht. Durch eine Ebene (Zwillingsebene) senkrecht zum Faden in dessen Mitte erscheint der Tropfen in zwei Hälften geteilt, in welchen die Molekularanordnung die entgegengesetzte ist, derart, daß man wie bei schraubenartig verdrehten Schichten im polarisierten Licht verschiedenartige Teilung in farbige Felder sieht, entsprechend der unteren und oberen Struktur, je nachdem der Nikol unten oder oben eingeschaltet wird[1]. Voraussetzung ist, daß der flüssig-kristallinische Stoff optisch zweiachsig ist[2].

Bei dünn gepreßten Tropfen konvergieren die Molekülachsen gegen die Enden des Fadens, welcher dann immer den pressenden Glasflächen parallel aber unsichtbar ist[3].

24. Herstellung pseudoisotroper Tropfen durch Magnetismus.

Bei Herstellung eines Magnetfeldes, drehen sich alle Kristalltropfen derart, daß ihre Symmetrieachse (der Faden) die Richtung der Kraftlinien annimmt; ferner drehen sich alle Moleküle im Tropfen derart, daß pseudoisotrope Struktur entsteht, deren optische Achse den Kraftlinien parallel ist, d. h. so, daß sich die Hauptachsen der Moleküle den Kraftlinien parallel richten, während die Orientierung der Nebenachsen eine regellose wird; und dies um so vollkommener, je weiter die Moleküle von der Symmetrieachse entfernt sind. Bei starkem Magnetfeld wird der Faden aus der Mitte verdrängt und an der Oberfläche des Tropfens ausgestoßen, so daß dieser nun eine vollkommen pseudoisotrope Masse ist. Beim Verschwinden des Magnetismus kehrt der Faden zurück, die Struktur wird die gleiche wie zuvor[4]. Auch ausgedehnte relativ dicke flüssig-kristallinische Schichten können durch Magnetismus ihre Trübung verlieren[5].

---

[1] Wied. Ann. **40**, 409, 1890; Ann. d. Phys. **2**, 664, 1900; Flüssige Kristalle 1904, S. 61; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22, S. 30, Taf. 6, Fig. 49—62.

[2] Ann. d. Phys. **2**, 671, 696, 1900; F. Wallerant, Compt. rend. **148**, 1291, 1909.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 673, 1900; Flüssige Kristalle 1904 Taf. 11—14.

[4] Ann. d. Phys. **2**, 675, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 35—38; Phys. Zeitschr. **13**, 550, 1912; Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 5. u. 6.

[5] Siehe E. Bose, Phys. Zeitschr. **10**, 241, 1909; **12**, 60, 1911; G. Vieth, ibid. **12**, 546, 1911; Ch. Mauguin, Compt. rend. **152**, 1680, 1911; H. v. Wartenberg, Phys. Zeitschr. **12**, 837, 1230, 1911.

25. Flüssige Misch- und Schichtkristalle.

Bildung isomorpher und anomaler Mischungen ist bei flüssigen Kristallen auch durch Diffusion möglich, ganz wie sich amorphe Flüssigkeiten durch Diffusion mischen können; so entstehen geschichtete Mischkristalle, d. h. völlig inhomogene Molekularanordnungen. Zwei flüssig-kristallinische Modifikationen desselben Stoffes mischen sich höchstens in beschränktem Verhältnis, wobei sie in der Mischung in homogenem Gleichgewicht sind, so daß Zufügung oder Entziehung des einen Bestandteils das Mischungsverhältnis nicht ändert, welches nur durch Temperatur, Druck und fremde Beimischungen (vielleicht auch Magnetismus) bestimmt ist[1]. Die Identitätstheorie der Aggregatzustände vermag diese Erscheinungen nicht zu erklären, ist also unrichtig[2].

26. Künstliche Färbung und inneres Schmelzen.

Regelmäßige Orientierung bei der Umwandlung fester oder flüssiger Kristalle in flüssige und umgekehrt, sowie Bildung von Schichtkristallen entsprechen den gleichen Erscheinungen bei festen Kristallen[3]. Ebenso die künstliche dichroitische Färbung, die wie bei festen Kristallen nur schwach und selten möglich ist[4]. In manchen Fällen wird durch fremden Zusatz die Doppelbrechung vermindert[5], in anderen Fällen die Neigung zur Bildung pseudoisotroper Struktur erhöht[6]. Immer findet natürlich eine Änderung der Schmelz- oder Umwandlungstemperatur statt[7]. Infolge eines schwachen Gehalts an Lösungsmittel oder isotroper flüssiger Modifikation kann Lösung im Innern oder Schmelzen im Innern eintreten, indem sich dort ellipsoidische Tröpfchen von

[1] Wied. Ann. **41**, 525, 1890; Ann. d. Phys. **16**, 160, 1905. Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 750, 1906; Die scheinbar lebenden Krist. S. 48.

[2] W. Nernst, Theoret. Chem. 7. Aufl. 1913 S. 667, nimmt Assoziation an, verzichtet also selbst auf die Identitätstheorie.

[3] Ann. d. Phys. **19**, 410, 1906; Die neue Welt d. flüssigen Krist. S. 204, 1911.

[4] Ann. d. Phys. **8**, 910, 1902; Flüssige Kristalle 1904, S. 43.

[5] Ann. d. Phys. **8**, 908, 1902.

[6] Ann. d. Phys. **16**, 161, 1905; **19**, 411, 1906; Die scheinb. leb. Krist. S. 52, 1911.

[7] Ann. d. Phys. **8**, 908, 1902. Siehe auch R. Schenck, Kristallinische Flüssigkeiten und flüssige Kristalle, Leipzig 1905.

Lösung oder isotroper Schmelze beim Erwärmen bilden, deren Orientierung durch die Molekularstruktur an der betreffenden Stelle bedingt ist[1].

27. Schraubenstruktur erzeugt durch Beimischungen.

Durch geeignete fremde Beimischungen kann die Lage des Fadens im Tropfen verändert werden, derart, daß er sich dehnt und U-förmig zusammengekrümmt oder außerdem um die Achse des U verdrillt[2], was sich durch unsymmetrische Verteilung der Schlieren kundgibt, sowie durch Drehung der Polarisationsebene und der Richtung stärkster Absorption[3]. Bei Benutzung einer Linse als Deckglas sieht man deshalb konzentrische helle und dunkle Zonen, die sich bei Drehung des Analysators ändern[4].

Bei sehr dünnen Präparaten erreichen infolge der Drehung der Polarisationsebene die dunklen Streifen nicht immer dann die größte Schwärze, wenn die Nikols gekreuzt, sondern wenn sie der Dicke des Präparats entsprechend verdreht, z. B. parallel sind.

28. Einwirkung des Magnetismus auf verdrehte Tropfen.

Auch dicke Tropfen mit verdrehter Struktur können durch ein Magnetfeld pseudoisotrop werden. Die Ringschliere am Rande zieht sich mit steigender Feldstärke zusammen und verschwindet im Kernpunkt[5].

Bei ausgedehnten Schichten ordnen sich Kern- und Konvergenzpunkte zu Ketten[6], welche je zwei pseudoisotrop gewordene Felder trennen.

29. Rotation der Tropfen und deren Beeinflussung.

Tropfen mit verdrehter Struktur, deren Symmetrieachse horizontal liegt (II. Hauptlage), zeigen gleichmäßige Rotation in gleichem Sinne, wenn eine Temperaturdifferenz zwischen Unter- und Oberseite besteht[7], wahrscheinlich infolge der durch Oberflächenspannungsdifferenz erzeugten Kontaktbewegung und der durch

[1] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 1, Fig. 3; Sitzb. d. Heidelb. Akad. 1911, Nr. 22 Taf. 4, Fig. 34; Ann. d. Phys. **35**, 214, Fig. 28, 1911.

[2] Physik. Zeitschr. **12**, 540, 1911; Ann. d. Phys. **35**, 193, 1911.

[3] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 14—17; Ann. d. Phys. **39**, 105, 1912.

[4] Ann. d. Phys. **18**, 808, 1905; Heidelb. Ber. 1912, Nr. 13 Taf. 3, Fig. 64.

[5] Phys. Zeitschr. **13**, 550, 1912; Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 5. u. 6.

[6] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 36 u. 37.

[7] Ann. d. Phys. **2**, 649, 1900.

die Struktur bedingten Anisotropie der Reibung. Wird durch ein Magnetfeld, dessen Kraftlinien senkrecht laufen, die Struktur pseudoisotrop gemacht, so hört die Rotation sofort auf.

30. Wirbelbewegung in Kristalltropfen und an Blasen.

Da die Kristalltropfen bei senkrechter Symmetrieachse (in I. Hauptlage) durch die Zwillingsebene in entgegengesetzt gebaute Hälften geteilt sind, findet infolge der Kontaktbewegung, welche abwechselnd die untere und wieder die obere Hälfte nach oben bringt, ein beständiger Wechsel der infolge des Dichroismus auftretenden Quadranten statt[1]. Ähnlich wechseln die weißen und gelben Felder (bei Paraazoxyphenetol) bei ausgedehnteren Schichten in der Nähe von Luftblasen. Dort befindliche Fäden biegen sich zu geschlossenen Ringen zusammen oder wickeln sich, falls gleichzeitig Rotation hinzukommt, zu Spiralen.

31. Grenzlinien, erzeugt durch Temperaturdifferenz.

Bei ausgedehnteren, aus vielen Individuen bestehenden Schichten äußert sich das Rotationsbestreben durch das Auftreten von die Individuen trennenden Grenzlinien auf Unter- und Oberseite, welche die Kernpunkte angeben und sich in den Kernpunkten scheinbar schneiden, in Wirklichkeit deren viereckigen Hof berühren[2]. Zuweilen fehlt die obere oder die untere Grenzlinie, auch sind sie nicht immer parallel. Jedenfalls sind sie nicht die Ränder von Membranen, denn hindurchschwimmende Partikelchen werden nicht aufgehalten.

32. Einfluß der Magnetisierung auf die Grenzlinien.

Bei Erregung eines Magnetfeldes, dessen Kraftlinien senkrecht verlaufen, zieht sich die Schattierung (z. T. Trübung infolge nicht paralleler Lage der Moleküle) aus den Höfen der Kern- und Konvergenzpunkte gegen die Grenzlinien hin, bis schließlich alles pseudoisotrop geworden ist und die Grenzlinien als mit Mutterlauge gefüllte Furchen erscheinen, die das Bestreben haben, sich zu verkürzen und an den Rand zu wandern, wo sie verschwinden[3].

---

[1] Ann. d. Phys. **39**, 99, 1912.

[2] Ann. d. Phys. **2**, 682, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 17, 18, 19; Ann. d. Phys. **39**, 105, 1912.

[3] Heidelb. Sitzb. 1912, Nr. 13 Taf. 6.

33. Kristalltropfen mit starker Verdrehung, (Schichttropfen).

Bei großem Kolophoniumzusatz (oder sonstiger Fremdkörper) kann die Verdrehung der Symmetrieachse der Kristalltropfen eine so beträchtliche werden, daß die Tropfen eine feine Schraffierung zeigen, wie wenn sie Lamellenstruktur hätten (Schichttropfen) und zwar ist in I. Hauptlage, d. h. wenn die beiden Enden der Symmetrieachse in der Mitte erscheinen, die Schraffierung eine ringförmige oder spiralige, in der um 90° verdrehten Lage (II. Hauptlage) eine bogenförmige, mit dem Halbierungspunkt der Strecke zwischen den Enden der Symmetrieachse als Mittelpunkt, oder eine geradlinige; ersteres speziell bei großen freischwebenden, letzteres bei dünnen gepreßten Tropfen[1]. Die scheinbaren Lamellen können so fein werden, daß sie selbst bei tausendfacher Vergrößerung kaum mehr zu erkennen sind. Durch Zusammenfließen können schraffierte Zwillinge und Drillinge entstehen.

Bei längerem Erhitzen rücken die Streifen, welche die Schraffierung bedingen (vermutlich infolge von chemischer Änderung), weiter auseinander und werden schließlich Streifen von Mutterlauge, welche pseudoisotrope Felder voneinander trennen[2].

34. Ellipsoidische Mischkristalle und Zwillinge derselben.

Durch Mischung von flüssigen Kristallen ohne und mit Gestaltungskraft können schraffierte ellipsoidische oder zylindrische Mischkristalltropfen entstehen, die häufig zu winkelförmigen Zwillingen oder sternförmigen Drillingen vereinigt sind, deren Schraffierung an der Zwillingsgrenze Richtungswechsel zeigt[3].

35. Heterotropie und Schwebungen der Homöotropie.

Durch Mischung zweier flüssiger Kristallarten können pseudoisotrope Schichten mit Lamellenstruktur ohne scharfe Abgrenzung der Lamellen erhalten werden[1], weil die Heterotropie (das Selbst-

[1] Ann. d. Phys. **2**, 687, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 30—34. Phys. Zeitschr. **12**, 540, 1911; Ann. d. Phys. **35**, 193, 1911; Arch. sc. phys. nat. Genève **32**, 9 u. 19, 1911; Heidelb. Sitzb. 1911, Nr. 22 Taf. 7 u. 8.

[2] Flüssige Kristalle 1904, Taf. 28—30.

[3] Ann. d. Phys. **2**, 689, 1900.

[1] Phys. Zeitsch. **11**, 583, 1910; Die neue Welt der flüssigen Kristalle, S. 235, 1911.

reinigungsvermögen) auch bei flüssigen Kristallen Ausschluß fremdartiger Moleküle anstrebt, wenn auch nicht völlige Scheidung wie bei regelmäßiger Verwachsung (Bildung wahrer Schichtkristalle) eintritt[1].

36. Schillerfarben, Spektren und Zirkularpolarisation.

Durch Mischung zweier flüssig-kristallinischer Modifikationen derselben Substanz können pseudoisotrope Schichten mit feiner Lamellenstruktur und Schillerfarben entstehen. Dieselben zeigen zwischen gekreuzten Nikols die gleichen Farben wie im reflektierten Licht. Im durchgehenden Licht sind die Farben komplementär und nur blaß[2].

37. Die Natur der molekularen Richtkraft.

Die Moleküle der flüssigen Kristalle verhalten sich im wesentlichen wie astatische Magnetsysteme[3]. Ob sich aber aus dieser einfachen Hypothese die Gesamtheit der Erscheinungen quantitativ ableiten lassen wird, erscheint fraglich. Nächste Aufgabe wäre die Berechnung des mechanischen Verhaltens solcher Systeme kreisender Elektronen. Welche Schwierigkeiten dabei in Betracht kommen, habe ich in zwei früheren Vorträgen[4] dargelegt.

38. Anwendungen in Technik und Biologie.

Infolge der erzwungenen Homöotropie ändert sich durch Deformation die innere Reibung, also der Widerstand gegen das Eindringen von Werkzeugen usw.[5]

Die Kristallisationskraft vermag anscheinend chemische Energie direkt in mechanische umzuwandeln ähnlich der Muskelkraft, was auf eine Verwandtschaft des Wesens beider Kräfte schließen läßt.[6]

---

[1] Ann. d. Phys. **2**, 686, 1900; Flüssige Kristalle 1904, Taf. 37 Fig. 7. u. 8.

[2] Phys. Zeitschr. **11**, 575, 1910; ferner W. Voigt, Verh. d. D. phys. Ges. **14**, 649, 1912.

[3] Molekularphysik **2**, 376, 1889; Phys. Zeitschr. **10**, 553. 1909; **13**, 550 Anm. 4, 1912.

[4] Das Relativitätsprinzip, diese Verh. **23**, 51, 1910 und Energiequanten u. Magnetonen, diese Verh. **24**, 273, 1912. Vergl. auch M. Abraham, Arch. Math. Phys. (3) **20**, 193, 1912; G. Jaumann, Wien. Ber. **121**, 95, 1912; Rektoratsrede Brünn 1912; E. Madelung, Phys. Zeitschr. **13**, 489, 1912; R. Gans, Weberfestschr. 1912. 75; G. Mie, Ann. d. Phys. **40**, 1, 1913.

[5] Technologie: Die neue Welt d. fl. Krist. 192 u. ff.

[6] Biologie: ibid. 276—337.

Diese kurze Zusammenstellung der wichtigsten Punkte der Lehre von den flüssigen Kristallen dürfte erkennen lassen, daß es sich dabei keineswegs, wie Hr. Nernst (a. a. O.) behauptet, um mißverständliche Deutung einer vereinzelten Beobachtung handelt, die für allgemeine Probleme überhaupt nicht in Betracht kommt, sowie daß sie in keinem direkten ursächlichen Zusammenhang steht mit der zufälligen Beobachtung des Hrn. Reinitzer, daß Cholesterylbenzoat eine trübe Schmelze liefert, was naturgemäß zunächst mit der Trübung wasserhaltiger Salze beim Erwärmen infolge Dissoziation, Bildung von Emulsionen durch Erwärmen bei Flüssigkeitsgemischen, deren Löslichkeit mit steigender Temperatur abnimmt usw., in Analogie gebracht wurde, bis schließlich die Lehre von den flüssigen Kristallen die richtige Erklärung brachte; daß vielmehr die neue Lehre wurzelt in älteren langjährigen Studien über die Bildung und das Verhalten der Kristalle mittels meines Kristallisationsmikroskops, wie sie in dem Buche Molekularphysik näher dargelegt sind[1].

Man wird bei sorgfältiger Prüfung auch erkennen, daß die meisten besprochenen Punkte einer quantitativen Durcharbeitung fähig sind, sowohl in experimenteller wie in theoretischer Hinsicht. Diese wird nicht ausbleiben, sobald einmal die vorläufigen orientierenden Arbeiten qualitativer Natur, denen zunächst größere Wichtigkeit zukommt — denn durch diese, nicht durch quantitative Arbeiten ist das neue Gebiet erschlossen worden — soweit zum Abschluß gebracht sind, daß eine sichere Basis für Berechnungen gegeben ist. Wiederholt habe ich betont, daß Vorausberechnung der Erscheinungen die eigentliche Aufgabe der Physik ist. Hr. Nernst befindet sich durchaus im Irrtum, wenn er annimmt, der Wert solcher Berechnungen werde von mir nicht gewürdigt. Ich halte nur solche Rechnungen für wertlos, die von irrigen Voraussetzungen ausgehen, und eine solche ist meinen Versuchen zufolge die Identitätstheorie, auch wenn sie durch Avogadrosche Regel und Thermodynamik verschleiert erscheint.

Karlsruhe, 6. Febr. 1913.

[1] Siehe auch Ann. d. Phys. **25**, 852; **27**, 1044, 1908; Ber. d. D. chem. Ges. **41**, 3774, 1908; Mitt. d. Frankf. phys. Ver. 1908, 68; Die neue Welt d. fl. Kristalle 1911.

Die neueren Vorstellungen von der Struktur der Atome[1].

Von **K. Fajans**.

Der Frage nach der Struktur der Atome liegt die Überzeugung zugrunde, daß die 100 bekannten chemischen Elemente nicht die letzten Einheiten sind, aus denen sich die materielle Welt aufbaut. Diese Überzeugung und mit ihr auch das Suchen nach einer ihnen allen zugrunde liegenden Urmaterie ist beinahe so alt, wie die wissenschaftliche Atomistik überhaupt: bekanntlich hat Prout schon im Jahre 1815 in dem leichtesten der bekannten Atome, dem des Wasserstoffs, ein solches Uratom gefunden zu haben geglaubt. Nachdem aber genaue Atomgewichtsbestimmungen gezeigt haben, daß die Atomgewichte anderer Elemente nicht ganze Multipla des Atomgewichts vom Wasserstoff sind, was ja die Proutsche Hypothese verlangte, mußte man den Versuch des Aufbaues der gesamten Materie aus einem der bekannten chemischen Elemente aufgeben. Wenn vielleicht dieser erste Mißerfolg geeignet wäre, den Glauben an der Richtigkeit der Grundidee zu zerstören, so hat die Aufstellung des periodischen Systems der Elemente deutlich genug gezeigt, daß doch die 100 chemischen Elemente nicht zusammenhanglos dastehen. Es hat denn auch an Versuchen nicht gefehlt, den offenbar bestehenden Zusammenhang aufzudecken, aber erst die in neuester Zeit errungenen Aufschlüsse über das Wesen der Elektrizität waren der Anfang einer siegreichen Epoche der Ergründung des Atombaues.

Die hier einsetzende Entwickelung geht auf Helmholtz zurück, der in seiner berühmten Faraday-Lektüre im Jahre 1881 wohl zum ersten Male den Gedanken ausgesprochen hat, daß wenn

[1] Habilitationsvortrag, gehalten am 17. Dezember 1912 an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

die Materie atomistisch gebaut ist, es auch die Elektrizität sein muß. Er zog diesen Schluß aus dem Faradayschen Gesetz, das bekanntlich besagt, daß bei der Elektrolyse für die Ausscheidung eines Grammatoms einwertiger Elemente immer dieselbe Elektrizitätsmenge, nämlich 96540 Coulomb = 9654 E.M.E.[1] nötig ist, während für die Abscheidung eines Grammatoms mehrwertiger Elemente ganze Vielfache derselben Zahl gehören. Im Sinne der modernen Ionentheorie der Lösungen bedeutet das, daß alle einwertigen Atome in Lösung als Ionen dieselbe Elektrizitätsmenge tragen, die auch zugleich die kleinste in Lösung vorkommenden elektrische Ladung vorstellt, während an mehrwertige ein ganzes Multiplum dieser kleinsten Ladung gebunden ist. Die einfachste Deutung dieser Tatsachen besteht offenbar in der Annahme, daß diese kleinste Elektrizitätsmenge die Grenze der Teilbarkeit der Elektrizität vorstellt. Ihr absoluter Wert ergibt sich wenn man 9654 E.M.E. der Elektrizitätsmenge durch die Zahl der Atome in einem Grammatom dividiert. Letztere Zahl ist aber heute auf ganz verschiedene und unabhängige Weisen genau bestimmt worden und ihr wahrscheinlichster Wert ist $6.06 \cdot 10^{23}$, woraus sich die kleinste in Lösungen vorkommende Elektrizitätsmenge zu $1.59 \cdot 10^{-20}$ E.M.E., oder mit $3 \cdot 10^{10}$ multipliziert zu $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. ergibt.

Dieser Schluß ist allerdings ein sehr indirekter und er würde wohl nicht die gewaltige Bedeutung erlangen, die er in dem heutigen physikalischen Denken besitzt, wenn nicht durch die Forschungen der neuesten Zeit seine vollkommene Richtigkeit gezeigt worden wäre. Man kennt heute mehrere Erscheinungen, bei denen Ladungen von der Größenordnung des soeben angegebenen Wertes an gesonderten materiellen Teilchen auftreten, und die genaue Messung dieser Ladungen hat niemals[2], von unvermeidlichen Versuchsfehlern abgesehen, einen Wert ergeben, der kleiner wäre, als $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. und in den Fällen, wo die Ladung einen größeren Wert hatte, war es ein ganzes Vielfaches

[1] Die elektromagnetische Einheit (E.M.E.) der Elektrizitätsmenge ist gleich 10 Coulomb oder 3×10^{10} elektrostatische Einheiten (E.S.E.).

[2] F. Ehrenhaft, Physik. Zeitschr. 12, 94 (1911) glaubte an Silberteilchen kleinere Ladungen als die angegebenen beobachtet zu haben. Es stellte sich aber heraus, vgl. E. Weiss, Wien. Ber. 120, 1021 (1911), daß das seinen Rechnungen zugrunde liegende Stockes'sche Gesetz für die von ihm benutzten sehr kleine Teilchen keine Gültigkeit mehr besitzt, wodurch seine Schlüsse illusorisch werden.

dieser kleinsten Ladung. Das gilt sowohl für positive wie für negative Ladungen. Zwei Beispiele mögen zur Erläuterung dienen. Läßt man die positiv geladenen α-Strahlen radioaktiver Substanzen auf einen Zinksulfidschirm fallen, so beobachtet man auf diesem durch das Mikroskop räumlich und zeitlich getrennte Lichtblitze. E. Regener[1], und E. Rutherford und H. Geiger[2] bestimmten einerseits die Zahl solcher Lichtblitze oder Szintillationen, die in bestimmter Zeit von einem radioaktiven Präparat kommen, andererseits maßen sie die gesamte Ladung, die von den sie hervorrufenden Strahlen getragen wird und konnten so zeigen, daß auf einen Lichtblitz eine positive Ladung von 9.58 (Regener) bzw. $9.30 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. (Rutherford und Geiger) kommt, was innerhalb der Versuchsfehler gerade doppelt so viel ist, als die vorher angegebene Ladung eines einwertigen Ions.

Millikan[3] bestimmte auf folgende Weise die Ladung von sehr kleinen Öltröpfchen. Die Ladung dieser Tröpfchen stammte von der Anlagerung von Ionen, die in dem Gas, in dem das Tröpfchen schwebte, durch Röntgenstrahlen oder Radiumstrahlen erzeugt wurden. Beobachtet wurde durch ein Fernrohr einerseits die Fallgeschwindigkeit des Tröpfchens unter dem Einfluß der Schwerkraft und andererseits die Fall- oder Hebegeschwindigkeit desselben Tröpfchens, wenn zu der Schwerkraft die Wirkung eines elektrischen Feldes hinzukam. Durch Vergleich dieser Geschwindigkeiten konnte man die auf das Tröpfchen wirkende elektrische Kraft bestimmen und daraus unter Berücksichtigung der angewandten Feldstärke die Ladung des Tröpfchens. Diese erwies sich innerhalb der sehr kleinen Versuchsfehler immer gleich einem ganzen, meistens kleinen Vielfachen des Wertes $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. Die Ladung eines solchen Tröpfchens blieb aber nicht konstant, sondern änderte sich von Zeit zu Zeit, was man aus der plötzlichen Änderung der Fallgeschwindigkeit im elektrischen Felde schließen konnte. Diese Änderungen der Ladung, die man durch Anlagerung neuer Ionen erklären konnte, waren immer sprunghaft, und die genauen Messungen ergaben, daß sie in einer

[1] Verh. d. D. Physik. Ges. **10**, 78 (1908), Verh. d. Preuß. Akad. d. Wissensch. **38**, 948 (1909).

[2] Proc. Roy. Soc. A. **81**, 141 (1908).

[3] Physik. Zeitschr. 11, 1097 (1910).

Verkleinerung oder Vergrößerung der Ladung gerade um $4.78 \cdot 10^{-10}$ E.S.E. oder ganze Vielfache dieser Zahl bestanden. Diese direkt bestimmte sprunghafte Änderung der Ladung ist wohl der schönste und direkteste Beweis dafür, daß die elektrische Ladung nicht unbegrenzt teilbar ist und daß eben der mehrmals angegebene Wert die Grenze der Teilbarkeit darstellt. Man nennt ihn deshalb das elektrische Elementarquantum[1].

Außer dem absoluten Werte der elementaren Ladung spielt für unser Problem noch eine andere Größe eine fundamentale Rolle. Es ist dies das Verhältnis der Ladung zur Masse, oder die sogenannte spezifische Ladung, die man bei den verschiedenen diskreten Teilchen antrifft. Wenn wir die Wasserstoffionen in Elektrolyten nehmen, so wissen wir, daß mit 1 g Wasserstoff 9654 E.M.E. der Elektrizitätsmenge verbunden sind, das Verhältnis der Ladung zur Masse im absoluten Maßsystem ist also 9654 oder rund 10^4. Für alle anderen Ionen ist dieses Verhältnis natürlich kleiner, weil ja ihre Masse größer ist. Für solche geladene Teilchen, wie sie z. B. in den α-Strahlen vorliegen, die mit großer Geschwindigkeit aus den zerfallenden Atomen radioaktiver Substanzen ausgeschleudert werden und somit einen elektrischen Strom vorstellen, kann man das Verhältnis der Ladung (e) zur Masse (m) und gleichzeitig auch die Geschwindigkeit (v) bestimmen, wenn man deren Ablenkung, die sie Dank ihrer Ladung durch ein magnetisches und elektrisches Feld erleiden, mißt. Man bekommt nämlich aus dem Wert der magnetischen Ablenknng den Wert von $\frac{mv}{e}$, während die elektrische Ablenkung $\frac{mv^2}{e}$ liefert, woraus m und e einzeln zwar nicht bestimmbar sind, wohl aber deren Verhältnis. Auf diese Weise fand man z. B. für die α-Strahlen für $\frac{e}{m}$ den Wert $5 \cdot 10^3$ E.M.E. der zweimal kleiner ist, als der für das Wasserstoffion. Nun ist e der α-Teilchen, wie oben erwähnt wurde, gleich der doppelten Ladung des Wasserstoffions, die Masse des α-Teilchens muß also viermal so groß sein wie die des Wasserstoffatoms. Vier ist aber gerade das Atomgewicht des Heliums und Rutherford konnte in der Tat den zunächst auf diese Weise

---

[1] Der von Millikan auf diese Weise ermittelte Wert des elektrischen Elementarquantums ist nach ihm auf 1 pro mill genau. Die eingangs zu $6.06 \cdot 10^{23}$ angegebene Zahl N der Moleküle im Grammolekül ist aus diesem Wert aus der Beziehung $Ne =$ 96540 Coulomb abgeleitet.

gezogenen Schluß, daß die α-Teilchen Heliumatome sind, auch direkt spektroskopisch bestätigen.

Nach derselben Methode der elektrischen und magnetischen Ablenkung untersuchte man auch die Kathodenstrahlen, die bei elektrischen Entladungen in sehr verdünnten Gasen sich von der Kathode geradlinig ausbreiten und bekanntlich bei ihrem Auftreffen auf die gegenüber liegende Glaswand die Röntgenstrahlen erzeugen. Sie tragen negative Elektrizität mit sich und es zeigte sich, daß bei ihnen das Verhältnis der Ladung zur Masse ungefähr 1800 mal so groß ist (nämlich für sehr langsame Kathodenstrahlen $1.77 \cdot 10^7$ E.M.E.), wie das beim Wasserstoffion. Zwei extreme Deutungen waren da möglich: es könnte die Masse des Kathodenstrahlteilchens von der Größenordnung der Masse des Wasserstoffatoms sein, dann muß seine negative Ladung bedeutend größer als die Elementarladung sein; oder wenn man die Ladung gleich der Elementarladung setzt, so muß man annehmen, daß die Masse eines Kathodenstrahlteilchens 1800 mal kleiner ist als die des leichtesten bekannten Atoms, nämlich des Wasserstoffatoms. Die direkteste Entscheidung dieser Frage würde man in derselben Weise erhalten wie z. B. im Falle der α-Teilchen, wenn man durch Zählung einzelner Kathodenstrahlenteilchen und Bestimmung ihrer Gesamtladung die Ladung eines Teilchens messen könnte. Es ist aber erst vor ganz kurzem E. Regener[1] gelungen eine Anordnung zu ersinnen, die die Zählung einzelner Kathodenstrahlenteilchen erlaubt und eine entsprechende Untersuchung ist erst im Gange. Es unterliegt aber gar keinem Zweifel, was das Resultat dieser Untersuchung sein wird: wir besitzen sehr viele Gründe — und einige werden sich aus dem folgenden von selbst ergeben — für die Annahme, daß die negative Ladung des Kathodenstrahlteilchens gleich der des Elementarquantums ist und daß also seine Masse bedeutend kleiner als die des Wasserstoffatoms sein muß. Durch diese Auffassung der Kathodenstrahlen wurde die Physik der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts vor ein Problem von eminenter Wichtigkeit gestellt. Was ist das für ein Teilchen, dessen Masse 1800 mal kleiner ist als die des Wasserstoffatoms? Handelt es sich hier vielleicht um ein neues Element mit einem so kleinen Atomgewicht. Das Atom dieses Elementes würde in

[1] Verh. d. Deutschen Physik. Gesellsch. **14**, 400 (1912).

dem Kathodenstrahlteilchen negativ geladen sein und um seine Natur zu erkennen wollen wir fragen, was denn von einem solchen Kathodenstrahlteilchen zurückbleiben würde, wenn es gelingen würde, ihm seine Ladung wegzunehmen.

Für die Beantwortung dieser Frage muß man aber berücksichtigen, daß ein elektrisch geladenes Teilchen sich so verhält, als ob seine Masse größer wäre als die Masse desselben Teilchens in ungeladenem Zustande[1]. Wenn wir hervorheben, daß man unter Masse eines Teilchens hier nichts anderes zu verstehen hat als das Verhältnis der Kraft zur Beschleunigung, die diese dem Teilchen erteilt, so wird diese auf den ersten Blick vielleicht befremdende Tatsache leicht faßlich. Denn ein bewegtes geladenes Teilchen stellt einen elektrischen Strom dar, der in der Umgebung ein magnetisches Feld erzeugt, in dem ja Energie enthalten ist. Es gehört deshalb beim geladenen Teilchen eine größere Kraft dazu um denselben Geschwindigkeitszuwachs hervorzurufen, als beim ungeladenen, da ja beim ersteren auch die magnetische Energie auf Kosten der Arbeitsleistung der Kraft entstehen muß. Eine genaue Rechnung zeigt nun[2], daß für ein mit der Geschwindigkeit v im Vacuum bewegtes als Kugel vom Radius a gedachtes geladenes Teilchen diese Energie des äußeren magnetischen Feldes $\frac{1}{3}\frac{e^2}{a}v^2$ beträgt, wo e die Ladung des Teilchens bedeutet. Da die kinetische Energie des ungeladenen Teilchens $\frac{1}{2}mv^2$ ist, ist die Gesamtenergie des bewegten geladenen Teilchens $\frac{1}{2}\left(m+\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}\right)v^2$. Dieser Ausdruck hat aber die Form der kinetischen Energie eines Teilchens, dessen Masse $m+\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$ ist. Die Ladung e hat also dieselbe Wirkung wie eine Vergrößerung der Masse des Teilchens um $\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$.

Diese Masse ist also elektromagnetischen Ursprunges und man nennt sie zur Unterscheidung von der gew. mechanischen Masse — scheinbare Masse.

Wenn wir nun zum Kathodenstrahlteilchen zurückkehren, so können wir zunächst nichts darüber aussagen, ob seine elektrische Ladung einen großen Einfluß auf seine Masse hat, denn wir wissen einstweilen noch nichts von seinem Radius a.

---

[1] Vergl. J. J. Thomson, Elektrizität und Materie.

[2] Vergl. E. Riecke, Lehrbuch der Physik. II. Bd. S. 381 (1912).

Man fand einen Weg zur Lösung dieser Frage erst, als Kaufmann nachgewiesen hat, daß das Verhältnis der Ladung zur Masse der Kathodenstrahlteilchen von der Geschwindigkeit der Teilchen abhängt. Unter der Annahme, daß von den in Betracht kommenden zwei Größen die Ladung unverändert bleibt und nur die Masse veränderlich ist, konnte man aus den Kaufmann'schen Versuchen schließen, daß die Masse der Teilchen mit steigender Geschwindigkeit wächst. Merklich wird diese Änderung der Masse zwar erst, wenn die Geschwindigkeit der Teilchen sehr groß wird, nämlich nahe der der Lichtgeschwindigkeit und Kaufmann machte seine Versuche nicht an Kathodenstrahlenteilchen, wie man sie in Entladungsröhren bekommt, sondern an den Strahlen, die aus den zerfallenden Atomen radioaktiver Substanzen ausgeschleudert werden, den sogenannten β-Strahlen, die sich sonst nur durch ihre viel größere Geschwindigkeit von gewöhnlichen Kathodenstrahlenteilchen unterscheiden. Dieses Resultat war ganz neuartig, man begegnete nie vorher Massen, die mit der Geschwindigkeit veränderlich waren. Eine theoretische Betrachtung zeigt aber, daß für diejenige Masse, die von einer elektrischen Ladung abhängt und die für sehr kleine Geschwindigkeiten, wie wir oben sahen, den Wert $\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$ besitzt, ein Wachsen mit der Geschwindigkeit zu erwarten ist[1]. Nimmt man also an, daß Massen nicht elektrischen Ursprungs von der Geschwindigkeit unabhängig sind und findet man für Kathodenstrahlen, daß ihre Masse eine solche Änderung aufweist, so muß geschlossen werden, daß ein merklicher Teil dieser Masse von der Ladung der Teilchen kommt. Nun konnte man auf Grund mancher Annahmen sogar quantitativ angeben, wie stark die von der Ladung herrührende Masse sich mit der Geschwindigkeit ändern muß. Und ein Vergleich mit den Resultaten von Kaufmann zeigte, daß die Masse der β-Teilchen sehr angenähert in demselben Maße mit der Geschwindigkeit steigt, wie diese Berechnung nur für den von der Ladung herrührenden Teil ergab. Man schloß daraus, daß überhaupt die ganze Masse des Kathodenstrahlteilchens von seiner Ladung herrührt, denn würde es auch noch neben dieser elektromagnetischen Masse eine mit der Geschwindigkeit unveränderliche Masse besitzen, so müßte die Gesamtmasse weniger

[1] Vergl. J. J. Thomson l. c.

stark mit der Geschwindigkeit steigen als die erwähnte Berechnung ergab. Wenn aber die ganze Masse des Kathodenstrahlteilchens von seiner Ladung herrührt, so bleibt von ihm nichts übrig, wenn wir ihm die Ladung wegnehmen. Wir haben also in diesem Teilchen nicht ein geladenes Atom eines sehr leichten Elementes vor uns, sondern die Ladung selbst, ein Atom der freien negativen Elektrizität. Man nannte deshalb dieses Teilchen Elektron.

Ist nun aber die ganze Masse des Elektrons nur seiner Ladung zu verdanken, so können wir aus der Formel für diese elektromagnetische Masse $m = \frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$, da wir ja sowohl die Masse als die Ladung e kennen, den Radius a berechnen und finden so für diesen den Wert $a = \frac{2}{3}\frac{e}{m} \cdot e = 1.9 \cdot 10^{-13}$ cm, während der Radius der gew. Atome von der Größenordnung 10^{-8} cm ist.

Eins muß aber noch hervorgehoben werden. Der Schluß, daß die Masse der Elektronen nur elektromagnetischen Ursprungs ist, ruhte auf der Annahme, daß nur solche elektromagnetische Masse von der Geschwindigkeit abhängig ist. Indessen lehrt das neuerdings das physikalische Denken beherrschende Relativitätsprinzip, daß jede Masse, ganz unabhängig davon, welchen Ursprungs sie auch sei, mit steigender Geschwindigkeit wächst und dabei sehr angenähert in dem Maße, wie man es unabhängig von dem Relativitätsprinzip für die elektrische Masse berechnet und für die Masse der Elektronen gefunden hat. Dies macht allerdings den obigen Schluß illusorisch. Die Auffassung, daß die Elektronen freie Elektrizität darstellen, hat aber soviele Vorzüge vor der Annahme, daß an ihnen noch eine Masse anderen Ursprungs haftet, daß es ganz unzweckmäßig wäre, an dieser vor der Aufstellung des Relativitätsprinzips aufgestellte Meinung etwas zu ändern. Andererseits erhält die Forderung des Relativitätsprinzips, daß jede materielle Masse mit der Geschwindigkeit veränderlich sein muß, eine anschauliche Deutung durch die weiter noch zu begründende Auffassung, daß wahrscheinlich jede materielle Masse elektrischen Ursprungs ist.

In den Kathodenstrahlen lernte man somit zum erstenmale Atome freier Elektrizität kennen, mit einer Masse, die 1800 mal kleiner ist als die des Wasserstoffatoms, und von einem Radius von der Größenordnung 10^{-13} cm, also 100000 mal kleiner als

die eines gew. Atoms. Es eröffnete sich dadurch die Möglichkeit, daß vielleicht diese so kleinen Teilchen die Urmaterie sind, aus denen sich alle anderen Elemente aufbauen und daß vielleicht jede Masse wie die der Elektronen nur elektromagnetischen Ursprungs sei. Und die weitere Entwicklung zeigte, daß dies wohl in der Tat der Fall ist.

In dieser Entwicklung hat das Verhalten der Kathodenstrahlen gegen Materie eine fundamentale Rolle gespielt. Es ist eine der bemerkenswertesten Eigenschaften der Kathodenstrahlen, daß sie die Fähigkeit besitzen, größere Dicken von Materie zu durchdringen[1]. Je schneller sie sind, um so leichter gelingt ihnen das und man kann die schnellsten der uns verfügbaren, nämlich die β-Strahlen des Radiums, noch hinter einem Millimeter von Aluminium leicht nachweisen. Man hat nun gute Gründe, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, für die Annahme, daß bei ihrem Durchgang durch die Materie diese Teilchen nicht nur in den freien Räumen zwischen den Atomen sich bewegen, sondern durch die Atome selbst zu fliegen imstande sind.

Wenn aber die Kathodenstrahlteilchen fähig sind Atome zu durchqueren, so kann man hoffen, von ihrem Verhalten innerhalb derselben Aufschlüsse über das Innere der Atome selbst zu erhalten.

Nun zeigten die eingehenden Forschungen, daß von einem Schwarm von Kathodenstrahlteilchen es durchaus nicht allen gelingt ungehindert eine gegebene noch so dünne Materieschicht zu durchdringen. Ein Teil von ihnen wird aufgehalten oder, wie man sagt, absorbiert, ein anderer von ihrer geradlinigen Bahn abgelenkt oder, wie man sagt, zerstreut. Untersucht man nun genauer, wie sich verschiedene Substanzen in bezug auf diese ihre Wirkung verhalten, so findet man, wie Lenard zuerst gezeigt hat, ein äußerst einfaches Gesetz: gleiche Gewichtsmengen der verschiedensten Substanzen von verdünntem gasförmigem Wasserstoff bis zu metallischem Gold zeigen eine angenähert gleiche absorbierende oder zerstreuende Wirkung auf die Kathodenstrahlen.

Die Wirkung gleicher Zahl von Atomen, und deshalb auch eines Atoms der verschiedenen Elemente, ist also ungefähr proportional dem Atomgewichte. Dieses von Lenard gefundene Gesetz zeigte

[1] Vergl. P. Lenard, Kathodenstrahlen 1906.

deutlich, daß dasjenige, was in der Materie auf die Kathodenstrahlen wirkt, in den verschiedenen Atomen in Quantitäten vorhanden ist, die proportional dem Atomgewichte sind. Was wirkt nun in den Atomen auf die Kathodenstrahlteilchen ein? Wie wir gesehen haben, ist ein solches Teilchen nichts anderes als eine freie negative elektrische Ladung. Auf die Bewegung einer solchen können aber nur elektrische und magnetische Kraftfelder einen Einfluß haben. Da aber ein magnetisches Feld auf bewegte Elektrizität zurückzuführen ist, muß man schließen, daß ein nach außen neutrales Atom in seinem Inneren elektrische Ladungen und zwischen ihnen elektrische Felder enthalten muß. Aus dem besprochenen Verhalten der verschiedenen Atome gegenüber den Kathodenstrahlen wird man auch gleich schließen können, daß diese Felder und Ladungen bei schwereren Atomen stärker sein werden als bei denen von kleinerem Gewicht.

Wie soll man sich nun diese innerhalb eines Atoms vom Radius 10^{-8} cm eingelagerten elektrischen Felder denken? Was sind die negativen und positiven Ladungen, zwischen denen die Kraftlinien des Feldes laufen? Dies waren und sind auch jetzt noch die wichtigsten Fragen, die die Erforschung des Atombaues zu lösen hat.

Ein Teil des Problems lies sich nun leicht beantworten, denn die negative freie Elektrizität haben wir ja in den Elektronen kennen gelernt. Sie sind die Grenze der Teilbarkeit der Elektrizität und man muß deshalb annehmen, daß sie in den Atomen die negativen Enden der elektrischen Felder darstellen. Die Dimensionen der negativen Elektronen, die je zu ca. 10^{-13} cm berechnet worden sind, entsprechen durchaus der Vorstellung, daß sie konstituierende Teile der ja viel größeren Atome darstellen. Man kann auch in der Tat solche Elektronen aus allen Atomen erhalten. Man bekommt sie als Kathodenstrahlen in Entladungsröhren ganz unabhängig davon, aus welchem Material die Kathode dargestellt ist. Ebenfalls werden Elektronen von verschiedenen Körpern emittiert, wenn man diese belichtet[1], oder auf sie Röntgenstrahlen oder Strahlen radioaktiver Substanzen fallen läßt. Auch durch Erhitzen von Metallen und auch anderen

[1] Über diesen sogenannten lichtelektrischen Effekt, vgl. Jahrb. d. Radioakt. und Elektronik 1909.

Stoffen auf hohe Temperatur kann man negative Elektronen bekommen. Freiwillig erfolgt die Ausschleuderung von Elektronen aus den Atomen radioaktiver Stoffe. Und neuerdings ist es gelungen, auch bei manchen chemischen Reaktionen[1] das Freiwerden von Elektronen nachzuweisen. Und den schönsten Beweis dafür, daß diese Elektronen in den Atomen als solche vorhanden sind, hat wohl Zeeman geliefert. Er fand, daß wenn ein leuchtender Körper in ein starkes magnetisches Feld gebracht wird, die Wellenlänge seines Lichtes durch das magnetische Feld geändert wird. Auf Grund der Annahme, daß das Licht durch Schwingungen elektrisch geladener Teilchen innerhalb der Atome des leuchtenden Körpers erzeugt wird, konnte dann Lorentz zeigen, daß man aus dem Grad dieser Änderung der Wellenlänge das Verhältnis der Ladung zur Masse des innerhalb des Atoms schwingenden Teilchens berechnen kann. Aus den Versuchen von Zeeman ergab sich die Größenordnung dieses Verhältnisses zu 10^7 E.M.E. die, wie wir früher gesehen haben, für Elektronen der Kathodenstrahlen gilt.

Man kann es wohl als feststehende Tatsache betrachten, daß die negativen Enden der innerhalb der Atome herrschenden elektrischen Felder durch die negativen Elektronen gegeben sind und daß die Lichtemission in vielen Fällen wenigstens den Schwingungen dieser Elektronen innerhalb der Atome zuzuschreiben ist.

Ein Atom ist aber neutral, man muß also, wenn man nicht besondere komplizierte Annahmen machen will, neben den negativen Elektronen in ihm auch noch positive Elektrizität annehmen. Und nun entsteht die schwierigste Frage des Atomproblems — die Frage nach dem Wesen dieser positiven Elektrizität. Die einfachste Annahme, die man hier machen könnte, ist natürlich die, daß sie sich außer dem Sinn ihrer Ladung durch nichts von der negativen unterscheidet. Man müßte dann aber erwarten, daß sich ebenso wie die negativen Elektronen auch positive mit einer sehr kleinen Masse behafteten Elektronen von der Materie abtrennen lassen. Es ist aber trotz vieler Versuche nicht gelungen positive Teilchen mit einer Masse, die kleiner wäre wie die des Wasseratoms, zu finden[2]. Da nun das Wasserstoffion, das aus einem

---

[1] Vgl. F. Haber, Physik. Zeitschr. 12, 1035 (1911).

[2] Vgl. Bericht über die Kanalstrahlen, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik **8**, 34 (1911).

Wasserstoffatom durch Verlust eines negativen Elektrons entsteht, das leichteste positive Teilchen ist, das man bis jetzt beobachtet hat, wurde von mancher Seite die Vermutung ausgesprochen, ob es denn nicht das weiter unteilbare positive Elektron selbst darstellt. Indessen steht eine solche Annahme im Widerspruch mit der Tatsache, daß solche positiv geladenen Wasserstoffatome, wie die Untersuchung der Kanalstrahlen zeigte, zu Lichtemission fähig sind[1]. Dies können aber nur Gebilde tun, die aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind, ein isoliertes Elektron ist zu Schwingungen nicht fähig.

Das Wesen der positiven Elektrizität ist also einer direkten experimentellen Untersuchung nicht zugänglich und es muß der Phantasie der einzelnen Forscher überlassen werden sich darüber bestimmte Vorstellungen zu machen. In den verschiedenen Annahmen, die über die positive Elektrizität gemacht werden, liegt nun der Hauptunterschied der bis jetzt aufgestellten Atommodelle.

Ein großer gemeinsamer Zug läßt sich aber in allen aufgestellten Theorien bemerken. Wir wissen ja mit Bestimmtheit, daß in den Atomen negative Elektronen vorhanden sind. Aus der Neutralität des Atoms, wie erwähnt, muß man auch auf das Vorhandensein von positiver Elektrizität schließen. Was anderes aber außer diesen zwei Dingen hat man in den Atomen, so weit man sie heute durchschauen kann, nicht gefunden. Und es ist deshalb das natürliche Bestreben aller Atommodelle, das Atom restlos aus diesen zwei Elektrizitäten aufzubauen: daraus ergibt sich aber die Forderung, eine der wichtigsten Eigenschaften der Atome — ihre Masse — aus der Masse der sie aufbauenden positiven und negativen Elektrizität abzuleiten. Wir wollen nun sehen, in wieweit dies gelungen ist.

Einer der ersten, der sich über den Aufbau der Atome aus Elektrizität bestimmte Vorstellungen machte, war der berühmte englische Physiker J. J. Thomson[2]. Bei der Inangriffnahme des Problems hat er nicht so viel darauf Wert gelegt, daß sein Modell das wahrscheinlichste wird, als er bestrebt war zunächst durch

[1] Vgl. Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen, J. Stark, Atomdynamik B. 2, S. 131.

[2] Vgl. J. J. Thomson, Elektrizität u. Materie, u. auch Korpuskulartheorie d. Materie in der Sammlung »Wissenschaft«, Braunschweig.

besonders einfache Annahmen eine rechnerische Verfolgung der Frage zu ermöglichen. In dem kugelförmigen Atom denkt er sich die positive Elektrizität als homogen durch die Kugel verteilt, ihr Durchmesser entspricht also dem des Atoms. Die negativen Elektronen sind nun in diese Kugel der positiven Elektrizität eingelagert und es wird die Annahme gemacht, daß sie sich innerhalb der Kugel frei bewegen können. Die positive Gesamtladung ist gleich der Summe der negativen Ladungen der Elektronen.

Die Anziehungskraft, die die positive Elektrizität auf die Elektronen ausübt, wird nun das Bestreben haben, sie nach dem Zentrum der Kugel zu bringen. Dem widerstreben aber die Abstoßungskräfte, die die Elektronen gegenseitig auf sich ausüben, und nun entsteht die Frage, bei welcher Anordnung der Elektronen innerhalb der positiven Kugel ein stabiler Zustand erreicht wird, bei welchem sich die auf jedes Elektron wirkenden An- und Abstoßungskräfte das Gleichgewicht halten. Für diese Berechnung wird angenommen, daß sich die Elektronen nach dem Coulombschen Gesetz abstoßen und mit einer Kraft, die dem Abstand vom Mittelpunkt der positiven Kugel proportional ist, nach diesem Mittelpunkt angezogen werden. Um die mathematische Analyse nicht zu erschweren, nimmt Thomson die negativen Elektronen nicht als in allen drei Dimensionen im Raume verteilt an, sondern ordnet sie alle in einer durch den Mittelpunkt der positiven Kugel gehenden Ebene an. Dazu ist allerdings die Annahme nötig, daß die Elektronen in schneller Rotation in dieser Ebene um eine zu ihr senkrechten Achse sich befinden, sonst würde eine solche Anordnung bei einer größeren Zahl von Elektronen nicht stabil sein können.

Das Hauptresultat dieser unter den erwähnten Annahmen durchgeführten Rechnung ist, daß sich die Elektronen in konzentrischen Ringen in der positiven Kugel anordnen werden. Die Zahl der Ringe ist um so größer, je größer die Gesamtzahl der Elektronen ist.

Bis zu 5 Elektronen hat man einen Ring. Bei sechs Elektronen sind 5 in dem äußeren Ring mit einem Elektron in der Mitte. Bei 10 Elektronen sind schon 2 in dem inneren Ring und wenn wir so weiter zu 17 Elektronen übergehen, hat man schon drei Ringe. Bei 32 Elektronen kommt man auch mit 3 Ringen nicht aus, bei 49 muß man schon sogar fünf annehmen usw.

Es würde zu weit führen hier näher zu besprechen, wie Thomson auf Grund seines Modelles manche Eigenschaften der wirklichen Elemente deuten konnte, wie das periodische System, die Valenz, den elektrochemischen Charakter u. A. mehr. Ein Punkt von großer Bedeutung soll aber noch im Anschluß an das Thomsonsche Modell besprochen werden, nämlich die Frage nach der absoluten Zahl der Elektronen im Atom. Thomson hat auf Grund seines Modelles und einiger Annahmen über den Verlauf der Zerstreuung der β-Strahlen innerhalb der Atome eine Formel abgeleitet, nach welcher man aus dem Grad der Zerstreuung die Zahl der Elektronen berechnen kann, die die Atome enthalten. Genaue Versuche ergaben nun, daß diese Zahl bei den Atomen verschiedener Elemente ungefähr proportional dem Atomgewichte ist, was, wie wir schon früher gesehen haben, auch die Lenardschen Versuche wahrscheinlich machten, und daß der Proportionalitätsfaktor ungefähr drei ist. Die Zahl der Elektronen wäre also 3mal so groß wie das Atomgewicht. Diese Zahl ist natürlich von den nicht prüfbaren Voraussetzungen der Theorie abhängig; indessen scheint ihre Größenordnung der Wirklichkeit zu entsprechen, denn Thomson bekam auch durch Berechnung anderer Erscheinungen für den Proportionalitätsfaktor Zahlen, die zwischen 1—3 lagen und neuerdings hat Rutherford[1] auf Grund eines ganz anderen Atommodelles aus den Erscheinungen der Zerstreuung der α-Strahlen auch ein ähnliches Resultat erhalten. Dieses Resultat wirft nun ein ganz eigentümliches Licht auf das wichtigste Problem der Atomerforschung — auf die Frage nach dem Ursprunge der Masse des Atoms. Wir haben gesehen, daß ein negatives Elektron eine Masse besitzt, die nur 1/1800 der des Wasserstoffatoms ist. Wenn daher dieses Atom vom Atomgewichte eins nach dem soeben gesagten nicht mehr als ca. drei Elektronen besitzen soll, so ist der Anteil dieser an der Gesamtmasse des Atoms nur ein sehr kleiner. Beinahe die Gesamtmasse der Atome muß daher von der Masse der positiven Elektrizität des Atoms herrühren. Nun ist aber die Masse einer elektrischen Ladung, wie wir gesehen haben, gleich $\frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$, wo a der Radius der als Kugel gedachten Ladung bedeutet. Nach dem Thomsonschen Modell, in dem ja der Radius der Kugel der positiven Elektrizität

[1] Phil. Mag. 22 (1911).

dem Atomradius entspricht, d. h. von der Größenordnung 10^{-8} cm ist, wäre also die Masse der positiven Elektrizität wegen des viel größeren Radius bedeutend kleiner als die der negativen. Das steht aber ganz im Gegensatz zu dem obigen Resultat. Das Thomsonsche Modell vermag also den Ursprung der Masse nicht zu erklären.

Vor einem Jahre machte nun der englische Forscher J. W. Nicholson[1] einen kühnen Versuch zur Lösung dieses Problems.

Wenn die Masse der positiven Elektrizität auch rein elektromagnetischen Ursprunges sein soll und dabei für gleiche Elektrizitätsmengen die Masse der positiven Elektrizität viel größer als die der negativen ist, so folgt aus der Formel $m = \frac{2}{3}\frac{e^2}{a}$, daß das a des positiven Elektrons viel kleiner sein muß als das des negativen. Die Dimensionen des positiven Elektrons sind also nach Nicholson noch bedeutend kleiner als die des negativen. Zu einem ähnlichen Resultate, daß nämlich die Dimensionen der positiven Elektrizität, entgegen der Thomsonschen Auffassung, klein im Vergleich zu der der Atome sein müssen, gelangte auch Rutherford bei der Deutung der Zerstreuung der α-Strahlen bei ihrem Durchgang durch Materie[2].

Und nun entsteht die Frage, wie ein Atom aus diesen positiven und negativen Elektrizitäten von so kleinen Dimensionen zusammengesetzt werden kann. Nicholson nimmt die Existenz von vier Urelementen an, aus deren drei alle anderen Elemente aufgebaut werden. Wir wollen nun zunächst die Struktur dieser Urelemente besprechen. Die Menge der positiven Elektrizität muß in jedem Atom gleich der der negativen sein. Das einfachst mögliche Atom würde also aus einem positiven und einem negativen Elektron bestehen, die nächsten würden dann je zwei, drei usw. positive und negative Ladungen aufweisen. Damit aber diese Gebilde Eigenschaften eines Atoms zeigen, also z. B. ein inneres elektrisches Feld aufweisen, müssen diese positiven und negativen Elektrizitäten getrennt voneinander im Atom bestehen. Das kann aber nur dann zu einer stabilen Anordnung führen, wenn die eine Elektrizität um die andere rotiert, denn sonst müßten sie durch Anziehung aufeinander fallen. Nicholson nimmt nun an, daß es

[1] Phil. Mag. 22 (1911).

[2] Vgl. Rutherford, Phil. Mag. 22 (1911).

die positive mit viel größerer Masse behaftete Elektrizität ist, die die Rolle der Sonne in diesem System übernimmt, und daß die negativen Elektronen um diese Sonne rotieren. Ein auf diese Weise konstruiertes Atom, wenn es nur ein um den positiven Kern rotierendes Elektron enthält, kann aber nicht stabil sein, denn, wie sich zeigen läßt, muß es elektromagnetische Energie ausstrahlen und deshalb seine kinetische Energie einbüßen. Bei den Atomen mit je zwei und mehreren Ladungen ist es aber anders und es genügt die Annahme zu machen, daß sich die Elektronen in gleichen Abständen voneinander auf einem Ring befinden, der um den positiven Kern rotiert, um eine stabile Anordnung zu erhalten. Nicholson stellt nun eine besondere Hypothese über den Bau des positiven Kernes seiner Uratome auf. Er nimmt nämlich an, daß ein Kern von zwei, drei, vier und fünf positiven Elementarladungen nicht aus nebeneinander bestehenden kugelförmigen positiven Elektronen gebildet wird, sondern daß diese miteinander zu einer größeren Kugel zusammenschmelzen. Es wird dabei angenommen, daß die Dichte der positiven Elektrizität bei diesem Zusammenschmelzen sich nicht ändert, daß also das Volumen dieser Kerne proportional der Zahl der Ladungen ist. Daraus ergeben sich aber sehr interessante Konsequenzen für die Massen dieser positiven Kerne, also in erster Annäherung auch für die Massen oder Atomgewichte der Uratome. Die elektromagnetische Masse einer elektrischen Kugel ist ja, wie schon mehrfach erwähnt wurde, gleich $\frac{2}{3}\frac{E^2}{a}$, wo E die Ladung der Kugel bedeutet. Ist $E = ne$, wo unter e die Elementarladung zu verstehen ist, so wird die Masse gleich $^2/_3\,\frac{n^2e^2}{a}$. Die Massen der verschiedenen Kerne werden also $\frac{n^2}{a}$ proportional sein. Nun ist aber a proportional $\sqrt[3]{v}$, wo v das Volumen der Kugel bedeutet, also da v nach der Nicholsonschen Annahme einfach n proportional ist, kann a proportional $\sqrt[3]{n}$ gesetzt werden. Die Masse der verschiedenen positiven Kerne wird also $\frac{n^2}{\sqrt[3]{n}} = n^{5/3}$ proportional sein. Die vier von Nicholson angenommenen auf die erläuterte Weise aufgebaute Urelemente sind keine mathematischen Fiktionen, sondern sie sollen auch wirklich in der Natur vorkommen. Und zwar ist das Element mit dem Kern von doppelter Ladung nach Nichol-

son das Coronium, dessen Spektrum in der Sonnenkorona aufzufinden ist, das Element mit drei Ladungen soll der Wasserstoff sein, das mit vier das hypothetische Element der Astronomen, das Nebulium, dessen Spektrum die Nebel zeigen und endlich dem mit je fünf positiven und negativen Ladungen wird der Name Protofluor beigelegt und auch dieses soll in der Sonnenkorona vorkommen. Wir werden noch später zeigen, worauf sich diese Annahmen stützen.

Nach dem vorher Gesagten würden also die Massen der positiven Kerne dieser vier Elemente zueinander im Verhältnis stehen wie $2^{5/3} : 3^{5/3} : 4^{5/3} : 5^{5/3} = 3.1748 : 6.2403 : 10.079 : 14.620$. Da aber das Atomgewicht des Wasserstoffes das $3^{5/3}$ entspricht gleich 1.008 ist, ergeben sich für die übrigen Atomgewichte, wenn man noch die kleinen Korrektionen, die wegen der Nichtberücksichtigung der Masse der negativen Elektronen nötig sind, anbringt

Koronium	0.513
Wasserstoff (H)	1.008
Nebulium (Nb)	1.6277
Protofluor (Pf)	2.3607

Und nun zeigt Nicholson, daß man aus den letzten drei Urelementen nämlich dem Wasserstoff, Nebulium und Protofluor alle anderen Elemente aufbauen kann. Es gelingt das Atomgewicht aller bekannten Elemente als die Summe von ganzen Vielfachen der Atomgewichte dieser drei Elemente darzustellen, wobei die Abweichungen der so berechneten Werten von den direkt bestimmten selten größer sind als die Fehlergrenzen der besten Atomgewichtsbestimmungen. Die folgenden Beispiele zeigen dies sehr überzeugend:

		Ber.	Beob.
He	= Nb + Pf =	3.988	(3.99)
Li	= He + 3H =	7.01	(6.94)
Be	= 3Pf + 2H =	9.097	(9.10)
B	= 2He + 3H =	11.00	(11.00)
C	= 2He + 4H =	12.008	(12.00)
N	= 2He + 6H =	14.02	(14.01)
O	= 3He + 4H =	15.996	(16.00)

	Ber.	Beob.
F = 3He + 7H =	19.020	(19.00)
Ne = 6Pf + 6H =	20.21	(20.21)
Na = 4He + 7H =	23.008	(23.01)
Mg = 2H + 5He + Pf =	24,32	(24.32)
A = 10He =	39.88	(39.88)

Auf diese Weise gelang es Nicholson auch sämtliche andere Elemente, deren Atomgewicht genügend genau bekannt ist, darzustellen. Allerdings, wenn es sich um große Atomgewichte handelt, ist eine so erzielte Übereinstimmung kein Beweis für die Richtigkeit der Annahmen, denn durch Summieren von Vielfachen von drei Zahlen kann man jede genügend große Zahl erhalten. Die hier angeführten Beispiele der Elemente mit kleinen Atomgewichten zeigen aber auch eine so glänzende Übereinstimmung, daß man sie kaum als eine zufällige wird betrachten dürfen. Sehr auffallend und von den gemachten Annahmen unabhängig ist dabei, daß die meisten Elemente mit kleineren Atomgewichten sich restlos aus Helium und Wasserstoff aufbauen lassen.

In welcher Weise sind nun die größeren Atome aus den Uratomen aufgebaut. Nach der Nicholsonschen Auffassung dürfen die positiven Kerne der Urelemente in den größeren Elementen nicht zusammenschmelzen. Denn, wie leicht einzusehen ist, würde dann das Atomgewicht des neuen Atoms nicht die Summe der es aufbauenden Uratome sein können. So ist z. B. $4^{5/3} + 5^{5/3}$ nicht mit $(4 + 5)^{5/3}$ identisch. Andererseits kann man aber auch nicht annehmen, daß sie ganz unverändert nebeneinander liegen, wie die Atome der Elemente in den Molekülen ihrer Verbindungen. Denn wenn auch ein Atom in zwei zerfallen kann, wie es die radioaktiven Vorgänge zeigen, so ist es doch ein ganz anderer Vorgang wie die Zersetzung einer chemischen Verbindung. Man muß sich also eine Gruppierung denken, die ein Mittelding zwischen einem vollständigen Zusammenschmelzen und einer unveränderten Nebeneinanderlagerung vorstellt.

Wenn nun schon die Möglichkeit, die Atomgewichte aller Elemente aus drei Zahlen darzustellen von großem Interesse ist und noch viele andere Ausblicke die diese Theorie eröffnet, z. B. die Erklärung des periodischen Systems volle Aufmerksamkeit verdienen, so wird ihre Bedeutung in ganz ungewöhnlichem

Maße durch folgendes gesteigert. Nicholson hat auf Grund einfacher Annahmen die Verhältnisse berechnet, die die Schwingungszahlen der Elektronen in Atomen, die auf die von ihm für Nebulium und Protofluor angenommene Weise gebaut ist, aufweisen müssen[1]. Er konnte nun einerseits alle von den Astronomen dem hypothetischen Element Nebulium zugeschriebenen Spektrallinien mit den für sein Nebulium berechneten zur Deckung bringen, andererseits erwiesen sich 16 Linien der Sonnenkorona als identisch mit den für Protofluor berechneten. Und es ist wohl der größte Triumph, der bis jetzt einem Atommodell zugefallen ist, daß Nicholson auf Grund seines Modelles vorausgesagt hat, daß das Nebulium außer den schon vorher bekannten Linien noch eine von der Wellenlänge 435.3 $\mu\mu$ emittieren muß. Die Revision einer alten photographischen Platte, auf der das Spektrum des Nebuliums der Nebel aufgenommen war, ergab, daß diese Linie in der Tat vorhanden ist und nur wegen ihrer Schwäche übersehen wurde. Und eine vor kurzem gemachte neue Aufnahme des Spektrums des Orionnebels, die Wolf in Heidelberg gemacht hat, bestätigte dieses Resultat vollkommen.

Wir sind am Schlusse unserer Ausführungen angelangt. Als das endgültige Ziel der Erforschung des Atombaues kann man die Aufstellung von Atommodellen ansehen, die uns in der gleichen Weise alle Eigenschaften eines Atoms vorauszusagen gestatten werden, wie die Strukturformeln der Chemie es für viele chemische Eigenschaften der Verbindungen tun. Von diesem Ziel sind wir noch sehr weit entfernt. Das bisher erreichte wird man wohl aber als einen zu den besten Hoffnungen berechtigenden Anfang ansehen dürfen.

[1] Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 72 N. 1, 2 u. 8 (1911—12).

Herstellung von optisch-aktiven Stoffen durch Fermente und andere Katalysatoren.

Von Prof. Dr. **G. Bredig.**

Pasteur hat zuerst darauf hingewiesen, daß der Chemismus der lebenden Wesen sich von der Entstehung von Stoffen auf anorganischem Wege besonders dadurch unterscheidet, daß der Organismus optisch-aktive Substanzen spontan hervorzubringen vermag. So sagte er auch, daß »Asymmetrie die einzig streng abgegrenzte Scheidewand« sei, welche man zwischen der Chemie der toten und der lebenden Natur ziehen könne. In der Tat ist es bisher keinem Chemiker und Physiker gelungen, aus optisch inaktiven Stoffen d. h. solchen, welche die Ebene des polarisierten Lichtstrahles nicht zu drehen vermögen, einwandfrei ohne jede Beihilfe eines Organismus optisch aktive Stoffe herzustellen, d. h. solche, welche die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtstrahles drehen. Mit Recht hat daher z. B. C. Engler die optische Aktivität des natürlichen Erdöls als Beweis für dessen Entstehung aus Organismen hervorgehoben.

Die Forschung hat jedoch eine ganze Reihe von Methoden kennen gelehrt, nach denen der Chemiker, freilich wie gesagt nicht ohne irgend eine Mitwirkung eines lebenden Wesens oder auswählenden Intellektes, aus optisch inaktiven Stoffen optisch aktive erzeugen kann. Bekanntlich beruht nach Pasteur, van 'tHoff und Le Bel die optische Aktivität chemischer Stoffe darauf, daß die gegenseitige Lage der Atome in ihrem Molekül eine solche ist, daß es davon zwei Arten gibt, welche sich voneinander nur unterscheiden, wie die Form eines asymmetrischen Körpers von ihrem Spiegelbilde. Man nennt dies die molekulare Asymmetrie der optisch aktiven bzw. optisch aktivierbaren Stoffe. Die beiden Isomeren des betreffenden Stoffes mit zueinander spiegel-

bildlicher Molekularstruktur nennt man die beiden »optischen Isomeren« oder »optischen Antipoden«. In der leblosen Welt entstehen von solchen beiden Antipoden bei der gewöhnlichen Synthese stets gleichzeitig gleiche Mengen oder werden bei der Zersetzung stets gleiche Mengen gleichzeitig zerstört. Daher kann durch chemische Veränderungen in der leblosen Welt im allgemeinen niemals ein Überschuß des einen oder des anderen Antipoden entstehen oder zurückbleiben und kann daher so niemals optische Aktivität auftreten.

Die Forschung hat jedoch schon, von Pasteur anfangend, gelehrt, wie man bei solchen chemischen Veränderungen von Gemischen gleicher Mengen der Antipoden (allerdings stets unter Mitwirkung eines Organismus oder Intellektes) doch die eine Komponente im Überschuß und damit optische Aktivität erhalten kann:

A. Trennung der beiden in gleicher Menge vorhandenen optischen Antipoden voneinander:

I. Wie Pasteur gezeigt hat, kann man in vielen Fällen schon **rein mechanisch** die beiden optisch Isomeren voneinander dadurch in festem Zustande trennen, daß auch ihre **Kristallformen** sich wie Spiegelbilder hemiedrisch enantiomorph verhalten und die Kristalle daher mit dem Auge und der Hand ausgelesen und getrennt werden können. Beispiel: Natriumammoniumtartrat unterhalb 28°. Wie man sieht, ist auch hierzu ein lebender Intellekt nötig.

II. In den folgenden Methoden wird das ebenfalls bereits von Pasteur angegebene Prinzip benutzt, daß die beiden optischen Antipoden sich zwar zu einem Stoffe ohne molekulare Asymmetrie chemisch und physikalisch vollständig gleich benehmen jedoch **zu einem Stoffe mit bereits vorhandener molekularer Asymmetrie sich nicht mehr spiegelbildlich gleich,** sondern bis zu einem gewissen Grade **wie chemisch verschiedene Körper** verhalten bzw. mit diesem solche chemisch verschiedenen Körper bilden (**»Diastereoisomerie«**). Beispiel: Verhältnis von rechter und linker Hand zu einer Kugel im Gegensatz zum Verhältnis dieser beiden Hände zu einer dritten z. B. rechten Hand.

1. So bilden z. B. die Antipoden von optisch aktiven Säuren mit optisch inaktiven Basen vollkommen gleich lösliche Salze, dagegen sind ihre Salze mit optisch aktiven Basen verschieden leicht löslich und können daher voneinander durch Auskristallisieren getrennt werden. Beispiel: Zerlegung der synthetischen, optisch inaktiven Weinsäure in ihre optisch aktiven Antipoden als Cinchoninsalz. Natürlich gilt das gleiche Prinzip z. B. auch für die Trennung der optischen Antipoden asymmetrischer Basen mit Hilfe ihrer Salze mit optisch aktiven Säuren usw und auch für andere Verbindungen der Antipoden mit optisch aktiven Stoffen.

2. Während die Geschwindigkeit, mit welcher zwei optische Antipoden mit einem optisch inaktiven Stoff chemisch reagieren, die gleiche ist, ist sie dagegen ungleich bei Reaktion mit einem optisch aktiven Stoffe. Ebenso ist die Reaktionsgeschwindigkeit einer Verbindung eines optisch inaktiven Stoffes dieselbe, mag eine Verbindung mit der Rechts- oder mit der Linksantipode eines asymmetrischen Stoffes vorliegen. Dagegen ist die Reaktionsgeschwindigkeit einer Verbindung, welche aus einem optisch aktiven Stoffe und einem der optischen Antipoden besteht, für die beiden optischen Antipodenverbindungen eine verschiedene. Hierauf beruhen die folgenden »kinetischen« Methoden der Trennung optisch isomerer Antipoden:

α) So bildet z. B. die *d*-Mandelsäure[1] mit *l*-Menthylamin das Menthylamid rascher als die *l*-Mandelsäure. Daher wird aus einem optisch inaktiven Gemische gleicher Mengen *d*- und *l*-Mandelsäure die freie *d*-Mandelsäure rascher bei der Reaktion mit *l*-Menthylamin verschwinden als die *l*-Mandelsäure. Unterbricht man also in einem günstigen Momente die Reaktion schon vor der Vollendung, so hat man noch einen Überschuß an *l*-Mandelsäure (W. Marckwald und Mc Kenzie).

β) Der *l*-Menthol ester der *d*-Mandelsäure ist nicht mehr spiegelbildlich isomer, sondern nur noch »diastereoisomer« mit dem *l*-Mentholester der *l*-Mandelsäure. Während die gewöhnlichen Ester der Mandelsäuren mit optisch inaktiven Alkoholen zueinander völlig spiegelbildlich isomer sind und also gleiche Verseifungsgeschwin-

[1] *d*- u. *l*- bezeichnen im folgenden rechts- und links-asymmetrische bzw. drehende Isomere.

digkeiten haben, wird daher der *l*-Mentholester der *d*-Mandelsäure mit Natronlauge rascher verseift als der *l*-Mentholester der *l*-Mandelsäure. Stellt man also aus einem künstlich leicht erhältlichen, optisch inaktiven Gemische von gleichen Mengen *l*-Mandelsäure und *d*-Mandelsäure die *l*-Mentholverbindung also den *l*-Mentholester dar und verseift ihn, so erhält man, wenn man den Versuch im richtigen Momente vor völliger Verseifung unterbricht, einen Überschuß von *l*-Mandelsäureester über *d*-Mandelsäureester also optische Aktivität und ebenso gleichzeitig einen Überschuß von *d*-mandelsaurem Natron über das *l*-mandelsaure Natron (Mc Kenzie).

γ) Während im vorangehenden Falle der zur Trennung der optisch isomeren Mandelsäuren benutzte optisch asymmetrische Hilfsstoff, in unserem obigen Beispiele *β* also das *l*-Menthol, pro Äquivalent Umsatz in äquivalentem Mengenverhältnis frei wird, kann auch der Fall eintreten, daß er im Reaktionsprodukte gebunden bleibt. Dies ist z. B. der Fall, wenn *l*-mandelsaures Strychnin sich wieder infolge der Nichtspiegelbildlichkeit der Molekularstruktur dieser Verbindung zum ungleichen Teil umlagert in *d*-mandelsaures Strychnin (Marckwald und Paul), so daß auch hier ein Gemisch von ungleichen Mengen *d*-mandelsaurem und *l*-mandelsaurem Strychninsalz also schließlich optisch aktive Mandelsäure entsteht.

III. Mit den eben in II. genannten (auf der verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeit optischer Antipoden unter der Einwirkung eines optisch aktiven Stoffes beruhenden) Methoden zur Herstellung optisch aktiver Stoffe sind eng verwandt die sogenannten **biologischen Methoden** zu demselben Zwecke, die auch schon auf Pasteur zurückgehen:

α) So hat Pasteur bereits gezeigt, daß viele Organismen den einen Antipoden eines Stoffes mit asymmetrischem Molekül viel rascher angreifen als den anderen, ja man war sogar lange der irrigen Meinung, daß überhaupt nur der eine Antipode von dem betr. Organismus verarbeitet wird, der andere nicht. So wird nach Pasteur durch Penicillium glaucum das *d*-weinsaure Ammonium oxydiert, nicht aber dessen *l*-Antipode, so daß in einem optisch inaktiven Gemisch von *d*- und *l*-weinsaurem Salze bei der Gärung mit diesem Pilze schließlich Linksdrehung auftritt. Verschiedene Organismen verhalten sich ebenfalls verschieden gegen

denselben Antipoden. So zerstört nach Lewkowitsch Penicillium die *d*-Glycerinsäure, dagegen Bazillus ethaceticus die *l*-Glycerinsäure. Nach Emil Fischer werden von der Hefe *d*-Glucose, *d*-Mannose, *d*-Fructose, *d*-Galactose vergärt, nicht aber ihre optischen Antipoden.

β) Aber nicht nur die lebenden Organismen greifen die optisch isomeren Antipoden desselben Stoffes mit verschiedener Geschwindigkeit an, sondern auch die aus den Extrakten der Organismen bekanntlich gewonnenen Enzyme benehmen sich chemisch ebenso selektiv gegen optisch isomere Stoffe. Dies ist z. B. von Emil Fischer und seinen Mitarbeitern Abderhalden und Bergell bei der Zerlegung der Polypeptide durch Pankreasferment, Trypsin, von Kossel, Dakin und Riesser bei der Zerlegung des Arginins durch das Enzym Arginase gezeigt worden. Daher hat Fmil Fischer das Bild geprägt, daß sich ein Enzym zu dem von ihm zerlegten Substrate verhalten müsse wie ein »Schlüssel zu seinem Schloß«, der also ein Schloß mit *l*-Asymmetrie zu schließen vermag, ein sonst gleiches mit *d*-Asymmetrie aber nicht. Dieses Gleichnis ist jedoch nicht ganz passend, denn es hat sich gezeigt, daß ein Ferment oder Enzym, das den einen Antipoden angreift, nicht absolut unwirksam gegen den anderen Antipoden ist, sondern auch diesen, wenn auch meistens sehr viel langsamer, anzugreifen vermag. So wird nach Dakin auch der *l*-Mandelsäureester des Benzylalkohols durch das Enzym Leberlipase, wenn auch 40 % langsamer, ebenso verseift wie der *d*-Mandelsäureester. Nach Abderhalden und Pringsheim werden beide optisch isomere Leucylglycine durch den Preßsaft aus Allescheria gespalten, wenn auch das natürliche Leucylglycin rascher dabei zersetzt wird als sein spiegelbildlich Isomeres. Nach R. O. Herzog und A. Meier vermögen die Pilzoxydasen sowohl *l*- wie *d*-Weinsäure zu verbrennen, wenn auch die beiden Isomeren mit verschiedener Geschwindigkeit dabei angegriffen werden. Das Enzym, der vermeintlich eindeutige »Schlüssel«, vermag also sowohl das rechtsherumgebaute wie das linksherumgebaute »Schloß« aufzuschließen, allerdings mit verschiedener Geschwindigkeit und nur so kommt durch meist sehr große kinetische Unterschiede seine scheinbar einseitige Wirkung zustande. Diese einseitige »stereochemisch spezifische« Wirkung der Enzyme ist mit Recht von van 't Hoff und Emil Fischer darauf zurückgeführt worden,

daß die Enzyme ebenfalls eine asymmetrische Molekülstruktur besitzen wie etwa die optisch aktiven Hilfsstoffe in den unter II. genannten Trennungsmethoden.

IV. Faßt man die Wirkung der Enzyme nach dem Vorgange von Berzelius, Schönbein und Ostwald als eine katalytisehe Wirkung auf d. h. als die Beschleunigung von Reaktionen unter der Einwirkung von Stoffen, den sogenannten »Katalysatoren«, welche dabei selbst nicht im stöchiometrischen Äquivalentverhältnis, oft sogar überhaupt nicht merklich, verbraucht werden, so war das Problem gegeben, die asymmetrische Wirkung der Enzyme für die Herstellung optisch aktiver Stoffe zu ersetzen durch die **asymmetrische Wirkung von Katalysatoren** bekannter Zusammensetzung. Sollten diese Katalysatoren auch auf die beiden Antipoden verschieden schnell einwirken, so mußten dazu eben auch solche mit asymmetrischer Molekularstruktur ausgewählt werden. Der Vortragende hat sich daher schon vor einigen Jahren in Gemeinschaft mit K. Fajans und mit Erfolg diese Aufgabe gestellt, durch Katalyse optische Aktivität zu erzeugen. Geradeso wie der *d*-Mandelsäureester und der *l*-Mandelsäureester durch ein Enzym der Leber nach Dakin mit verschiedener Geschwindigkeit verseift werden, wird nach Bredig und Fajans Camphocarbonsäure unter dem Einflusse gewisser Basen katalytisch in Kampher und Kohlensäure gespalten, und zwar unterliegen ihre beiden optischen Isomeren dieser Spaltung verschieden schnell, wenn man als Katalysator eine optisch aktive Base anwendet. So wird durch Katalyse mit Chinin die *l*-Camphocarbonsäure rascher zersetzt als die *d*-Camphocarbonsäure, durch Katalyse mit Chinidin dagegen umgekehrt die *d*-Säure rascher als die *l*-Säure. Man kann so, bei rechtzeitiger Unterbrechung der Katalyse, je nach Belieben einen Überschuß an *d*-Säure oder *l*-Säure bzw. an *l*-Kampher oder *d*-Kampher erhalten, je nachdem man als Katalysator Chinin oder Chinidin anwendet. Man hat so also die stereochemisch spezifische Wirkung der Fermente und Enzyme bei der Zersetzung optischer Antipoden durch Katalysatoren bekannter Zusammensetzungen (Chinin und Chinidin) nachgeahmt. Eine sehr große Ähnlichkeit besteht auch darin, daß man mit diesen Ka-

talysatoren beliebig große Mengen Camphocarbonsäure zersetzen und optisch aktivieren kann, gerade wie ja auch die Fermente von ihrem Substrate ein ungeheures Vielfache ihrer eigenen Menge bekanntlich zu zersetzen vermögen. Besonders drastisch ist dies auch vom Vortragenden in Gemeinschaft mit Creighton an dem Beispiele der Bromcamphocarbonsäure gezeigt worden, von welcher schon durch äußerst geringe Mengen von Alkaloiden sehr große Mengen katalytisch zersetzt werden können. Auf diesem katalytischen Wege haben Bredig und seine Mitarbeiter aus optisch inaktiver Camphocarbonsäure Präparate von erheblich optischer Aktivität erhalten, und so die Wirkung der Fermente und Enzyme im asymmetrischen Abbau optisch inaktiver Stoffe zu optisch aktiven durch Katalyse nachgeahmt.

B. Bildung der beiden optischen Antipoden in ungleicher Menge.

Während im vorangehenden nur der ungleiche **Abbau** oder die Trennung schon vorhandener asymmetrischer Moleküle behandelt worden ist, gibt es noch einen andern Weg, auf dem die Natur sowohl wie der Chemiker optische aktive Stoffe darstellt, indem er nämlich nicht abbaut, sondern **aufbaut**. Baut man nämlich aus Stoffen mit symmetrischer Molekülstruktur andere Stoffe auf, so kann man in gewissen Fällen Stoffe mit asymmetrischer Molekülstruktur erhalten. Eine solche asymmetrische Molekülstruktur entsteht bekanntlich z. B. nach van 't Hoff und Le Bel immer dann, wenn die 4 Valenzen eines Kohlenstoffatoms im Molekül durch 4 verschiedene Substituenten besetzt werden, also ein sogenanntes »asymmetrisches Kohlenstoffatom« gebildet wird. Bei der gewöhnlichen Synthese solcher Stoffe mit asymmetrischem Kohlenstoffatom entstehen die beiden optisch isomeren Antipoden immer in gleicher Menge, so daß auch hier das künstliche Produkt stets optisch inaktiv ist.

In neuerer Zeit aber haben die Chemiker auf Grund eines Gedankens von Emil Fischer gelernt, auch hier eine **»asymmetrische Synthese«** auszuführen, d. h. bei der Bildung von Stoffen mit neuen asymmetrischen Kohlenstoffatomen die eine optisch

isomere Form in größerer Menge entstehen zu lassen als die andere antipodische. Freilich bedarf es auch hierzu immer noch **der Anwendung eines bereits verhandenen optisch aktiven Hilfsstoffes.** Während z. B. Methyläthylmalonsäure unter gewöhnlichen Verhältnissen beim Erhitzen unter Kohlendioxydabspaltung gleiche Mengen von rechtsdrehender und von linksdrehender Valeriansäure gleichzeitig bildet, wird, wie zuerst W. Marckwald gezeigt hat, ein Überschuß von linksdrehender Valeriansäure erhalten, wenn man zu der Methyläthylmalonsäure als Hilfsstoff das optisch aktive Alkaloid Brucin unter Salzbildung zugesetzt hat. Ebenso liefert die Brenztraubensäure, wenn man vorher in ihr Molekül unter Esterbildung einen optisch aktiven Alkohol (z. B. *l*-Menthol) als Hilfsstoff eingefügt hat, bei der Reduktion mehr Ester der rechtsdrehenden Milchsäure als Ester der linksdrehenden Mandelsäure. Wie Emil Fischer sich ausdrückt, haben hier also die vorher schon vorhanden gewesenen asymmetrischen Kohlenstoffatome der optisch aktiven Hilfsstoffe (Brucin oder Menthol) in den neu entstandenen optisch aktiven Stoffen Valeriansäure oder Milchsäure) ein neues optisch aktives) Kohlenstoffatom und zwar einen Überschuß des einen Antipoden »geboren«. Immerhin bedarf es zur Erzeugung von 1 Molekül Valeriansäure oder von 1 Molekül Milchsäure immer je eines Moleküles des Hilfsstoffes (z. B. des Brucins oder des optisch aktiven Alkohols [Menthols]). Diese »asymmetrischen Synthesen« isind also im Grunde chemische Umsetzungen mit den Hilfsstoffen m gewöhnlichen stöchiometrischen chemischen Mengenverhältnis der Äquivalentgewichte.

II. Aber auch durch **Enzymwirkungen** sind in neuerer Zeit **asymmetrische Synthesen** erhalten worden: Besonders deutlich liegt eine solche bei der Addition von Blausäure an Benzaldehyd vor, bei welcher unter gewöhnlichen Umständen das Nitril der Mandelsäure entsteht, welches zwar ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthält, von welchem aber unter gewöhnlichen Umständen gleiche Mengen der *d*- wie *l*-Form erhalten werden, so daß also ein optisch inaktives Nitril entsteht. L. Rosenthaler hat aber gezeigt, daß diese Nitrilsynthese asymmetrisch verläuft, wenn sie durch die Gegenwart von Emulsin, des Enzymes der bitteren Mandeln, beschleunigt wird. In

diesem Falle erhielt er ein optisch aktives (rechtsdrehendes) Nitril und aus diesem die zugehörige (linksdrehende) Mandelsäure. Faßte man auch hier die Wirkung des Enzymes wieder als eine katalytische auf, so war damit nach dem Vortragenden wiederum das Problem gegeben, das asymmetrisch wirkende Enzym Emulsin auch bei der Synthese zu ersetzen durch einen asymmetrisch wirkenden Katalysator bekannter Zusammensetzung.

III. In der Tat ist es nun dem Vortragenden in Gemeinschaft mit Herrn P. S. Fiske gelungen, das Emulsin bei der **asymmetrischen Synthese** von Mandelsäurenitril zu ersetzen **durch asymmetrisch gebaute Katalysatoren bekannter Zusammensetzung,** nämlich durch Chinin und Chinidin. Die Nitrilbildung aus Aldehyden und Blausäure wird nämlich wie durch Enzyme so auch durch Basen bekannter Zusammensetzung katalysiert d. h. beschleunigt. So erhielt der Vortragende in Gemeinschaft mit Fiske durch »asymmetrische Synthese« aus Benzaldehyd und Blausäure unter der katalytischen Wirkung von Chinin rechtsdrehendes Mandelsäurenitril, also die *d*-Form im Überschuß, unter der katalytischen Wirkung von Chinidin dagegen linksdrehendes Nitril, also die *l*-Form im Überschuß. Damit ist also die stereochemisch unterschiedliche Wirkung der Enzyme für Rechts- und Linksform ihrer Substrate nicht nur beim Abbau (Kap. A), sondern hier in Kap. B. auch bei der asymmetrischen Synthese, also beim Aufbau solcher Formen durch Katalyse mit bekannten Stoffen nachgeahmt. Es ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß auch die Enzyme nichts anderes sind als von der Natur im Organismus benutzte Katalysatoren von asymmetrischer Molekularstruktur. Es ist also dem Vortragenden gelungen, die »stereochemische Spezifität« der Fermente und Enzyme durch Katalysatoren bekannter Zusammensetzung nachzuahmen, und damit ist ein wesentliches Merkmal der Enzymwirkung seines mystischen Schleiers beraubt. Keineswegs aber ist damit, wie der Vortragende hervorhebt, für die Herstellung optisch aktiver Substanzen die Mitwirkung von lebenden Organismen entbehrlich geworden, denn Voraussetzung auch für die asymmetrische Katalyse, mag sie nun asymmetrischer Aufbau oder asymmetrische Synthese sein, ist bisher immer

noch das Vorhandensein von schon fertigen optisch aktiven Stoffen (wie z. B. Chinin und Chinidin), die als Katalysatoren dienen können. Diese Stoffe aber sind bekanntlich in optisch aktivem Zustande bisher nur mit Hilfe eines Organismus erhältlich, selbst dann, wenn ihre vollständige chemische Synthese, die selbst beim Chinin und Chinidin in absehbarer Zeit zu erwarten ist, gelingt.

Als nächstes Ziel bezeichnet der Vortragende die Herstellung optisch aktiver Substanzen, besonders durch Abbau oder asymmetrische Synthese, ohne die Mithilfe bereits gegebener optisch aktiver Stoffe. Es müßten dann, wie bereits von verschiedener Seite versucht worden ist (Cotton, Pasteur, Boyd, J. Meyer, Byk u. A.), an Stelle der asymmetrischen Hilfsstoffe asymmetrische äußere physikalische Bedingungen treten, wie sie z. B. mit Hilfe von Magnetfeldern, zirkular polarisiertem Lichte usw. versuchsweise, aber bisher vergeblich, angewandt worden sind. Der Vortragende lieferte besonders in der sich anschließenden Diskussion eine Kritik dieser Bestrebungen und zeigte namentlich einen möglichen Weg auf photochemischem Gebiete. Seine Versuche in dieser Richtung sind jedoch noch nicht abgeschlossen.

Bis jetzt also besteht der Satz von Pasteur in voller Gültigkeit, daß die optische Asymmetrie eine streng spezifische Eigenschaft der dem Organismus entstammenden Stoffe ist. Da der Zustand der molekular symmetrischen Stoffe bzw. die damit verbundene optische Inaktivität gegenüber dem asymmetrischen Zustande, der mit optischer Aktivität verbunden ist, der wahrscheinlichere ist, so liegt der Zusammenhang vielleicht darin, daß der Zustand lebender Materie gegenüber dem der unbelebten sich durch einen höheren Grad der Unwahrscheinlichkeit auszeichnet.

Literatur: J. H. van 'tHoff, Die Lagerung der Atome im Raume, 3. Aufl. 1908 (Braunschweig); G. Bredig und K. Fajans, Ber. d. d. chem. Ges. **41**, 752 1908); K. Fajans, Zeitschr. f. physikal. Chem. **73**, 25; **75**, 232 (1910); H. J. M. Creighton, ebenda **81**, 543 (1913); G. Bredig und P. S. Fiske, Biochemische Zeitschr. **46**, 7 (1912); R. Hoeber, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe (3 Aufl.) 1911 (Leipzig); Oppenheimer-Herzog, Die Fermente und ihre Wirkungen, 1913 (Leipzig); (vorgetragen in der Sitzung vom 21. Juni 1912).

